

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-100501

(43)Date of publication of application : 02.04.2004

(51)Int.Cl.

F02B 7/02  
 F02B 9/06  
 F02B 11/00  
 F02D 19/08  
 F02D 41/02  
 F02D 45/00  
 F02F 3/00  
 F02M 21/02  
 F02M 25/00  
 F02P 19/02

(21)Application number : 2002-260820

(22)Date of filing : 06.09.2002

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

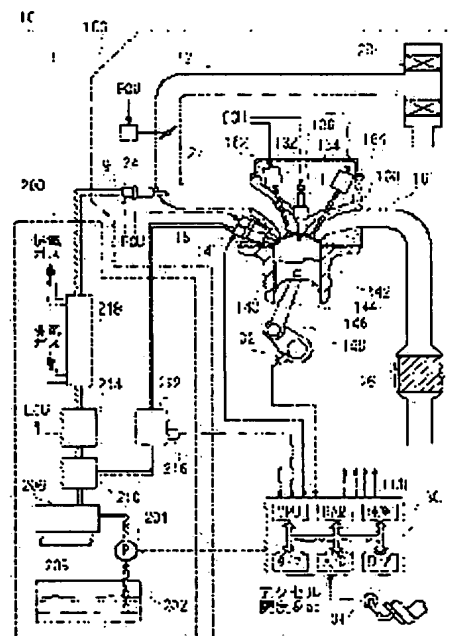
(72)Inventor : SHINAGAWA TOMOHIRO  
 KOBAYASHI TATSUO  
 CHIBA FUMITO  
 HAYASHI TAKAHIRO  
 SUGIYAMA MASAHIKO  
 SUZUKI HIROSHI

(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE PERFORMING COMPRESSED SELF-IGNITION OF AIR-FUEL MIXTURE, AND CONTROL METHOD FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To surely prevent knock of an internal combustion engine in which air-fuel mixture is operated by homogeneous charge compression ignition.

**SOLUTION:** First air-fuel mixture of gasoline and air is formed in a combustion chamber. The gasoline and air of the first air-fuel mixture are mixed in the proportion not to be self-ignitable only by compression in the combustion chamber. Next, gaseous hydrogen is sprayed into a part of an area in the combustion chamber to make second air-fuel mixture. The gaseous hydrogen is generated by decomposition of organic hydrate. By ignition of the second air-fuel mixture thus formed, the second air-fuel mixture is burnt to perform compressed self-ignition of the first air-fuel mixture. Since octane number of the gaseous hydrogen is high, the gaseous hydrogen is not self-ignited before the ignition, and self-ignition timing of the first air-fuel mixture is surely controlled, and thereby occurrence of knock is prevented. Further, since a large amount of hydrogen can be generated from a small amount of raw material by the decomposition of the organic hydrate, a practical system can be configured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

The gaseous mixture of a fuel and air is compressed by the combustion chamber, and he is the internal combustion engine which the this compressed gaseous mixture is burned and outputs power, the gaseous mixture which compresses said gaseous mixture by said combustion chamber -- a compressor style, injecting a gasoline as said fuel to said combustion chamber -- this gasoline and air -- said gaseous mixture -- the 1st gaseous mixture which forms in this combustion chamber the 1st gaseous mixture mixed at a rate which does not carry out autohesion fire in compression by the compressor style -- means forming,

A hydrogen generation-of-gas means to generate hydrogen gas by decomposing an organic hydrate, the 2nd gaseous mixture which forms the 2nd gaseous mixture which this hydrogen gas and air mixed by injecting said generated hydrogen gas to said combustion chamber in some fields of this combustion chamber -- means forming, An ignition means to light this 2nd gaseous mixture so it may burn said 2nd gaseous mixture, it may compress said 1st gaseous mixture and you may make it result in autohesion fire

Preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 2]

He is an internal combustion engine according to claim 1,

Said hydrogen generation-of-gas means is an internal combustion engine which is a means to generate hydrogen gas by decomposing a decalin as an organic hydrate.

[Claim 3]

He is an internal combustion engine according to claim 2,

Said hydrogen generation-of-gas means is an internal combustion engine which is a means to generate hydrogen gas by contacting a decalin and a catalyst under heating conditions.

[Claim 4]

He is an internal combustion engine according to claim 2,

The internal combustion engine having a naphthalene addition means to add the naphthalene generated with decomposition of a decalin to said 1st gaseous mixture.

[Claim 5]

He is an internal combustion engine according to claim 4,

Said naphthalene addition means is an internal combustion engine which is a means to add to said 1st gaseous mixture by injecting said generated naphthalene directly into said combustion chamber.

[Claim 6]

He is an internal combustion engine according to claim 4,

Said naphthalene addition means is an internal combustion engine which is a means to add to said 1st gaseous mixture by injecting said generated naphthalene towards the air before flowing into said combustion chamber, and supplying this combustion chamber with this air.

[Claim 7]

He is an internal combustion engine according to claim 4,

It has the gasoline container in which the gasoline injected by said combustion chamber is stored,

Said naphthalene addition means is an internal combustion engine which is a means to add to said 1st gaseous mixture by supplying said generated naphthalene in said gasoline container.

[Claim 8]

He is an internal combustion engine according to claim 4 to 7,

The internal combustion engine which equips a part of path [ at least ] for adding said generated naphthalene with the heating means of this naphthalene.

[Claim 9]

He is an internal combustion engine according to claim 1,

The internal combustion engine having a hydrocarbon compound addition means to add the hydrocarbon system compound generated with decomposition of said organic hydrate to said 1st gaseous mixture.

[Claim 10]

He is an internal combustion engine according to claim 1 or 2,

Said hydrogen generation-of-gas means,

The hydrogen container in which the hydrogen gas injected by said combustion chamber is stored,

A detection means to detect the pressure in said hydrogen container,

The amount control means of hydrate decomposition which controls the amount of decomposition of said organic hydrate based on said detected pressure

Preparation \*\*\*\*\* internal combustion engine.

[Claim 11]

He is an internal combustion engine according to claim 1 or 2,

It has a demand torque detection means to detect the demand torque which said internal combustion engine should generate, said 1st gaseous mixture -- case said detected demand torque of means forming is smaller than the 1st predetermined threshold -- a

gasoline and air -- said gaseous mixture -- a means to form in said combustion chamber the 3rd gaseous mixture mixed at a rate which carries out autohesion fire by compression by the compressor style -- it is  
 said 2nd gaseous mixture -- the internal combustion engine which is a means to stop each actuation when said detected demand torque of means forming and said ignition means is smaller than said 1st threshold.

[Claim 12]

He is an internal combustion engine according to claim 11,  
 said 1st gaseous mixture -- a means to form gaseous mixture with gasoline concentration higher than said 1st gaseous mixture in said combustion chamber when said detected demand torque does not fill the 2nd predetermined threshold smaller than said 1st threshold with means forming -- it is  
 said 2nd gaseous mixture -- a means to form the gaseous mixture of a gasoline, hydrogen gas, and air by injecting said generated hydrogen gas to said combustion chamber when said detected demand torque does not fill said 2nd threshold with means forming -- it is

Said ignition means is an internal combustion engine which is a means to light the gaseous mixture of said gasoline, hydrogen gas, and air when said detected demand torque does not fulfill said 2nd threshold.

[Claim 13]

He is an internal combustion engine according to claim 11 or 12,  
 said 1st gaseous mixture -- a means to form in said combustion chamber the stoichiometric mixture which a gasoline and air mixed by the chemically correct mixture ratio when, as for means forming, said detected demand torque exceeds the 3rd larger predetermined threshold than said 1st threshold -- it is  
 said 2nd gaseous mixture -- a means to stop actuation when, as for means forming, said detected demand torque exceeds said 3rd threshold -- it is

Said ignition means is an internal combustion engine which is a means to light said stoichiometric mixture when said detected demand torque exceeds said 3rd threshold.

[Claim 14]

He is an internal combustion engine according to claim 11 to 13,  
 It has a rotational-speed detection means to detect said internal combustion engine's rotational speed,  
 said 1st gaseous mixture -- a means to form in said combustion chamber the stoichiometric mixture which a gasoline and air mixed by the chemically correct mixture ratio when said detected rotational speed of means forming is larger than a predetermined threshold rate -- it is

said 2nd gaseous mixture -- a means to stop actuation when, as for means forming, said detected rotational speed exceeds said threshold rate -- it is

Said ignition means is an internal combustion engine which is a means to light said stoichiometric mixture when said detected rotational speed exceeds said threshold rate.

[Claim 15]

He is an internal combustion engine according to claim 1 or 2,  
 Said ignition means is an internal combustion engine which is the means to which heat surface ignition of said 2nd gaseous mixture is carried out on this heating front face while having the heating front face heated beyond predetermined temperature.

[Claim 16]

The internal combustion engine according to claim 15 said whose heating front face is a glow plug.

[Claim 17]

He is an internal combustion engine according to claim 15,  
 said gaseous mixture -- the device which compresses the gaseous mixture of this combustion chamber when a compressor style raises a piston by said combustion chamber -- it is  
 said 2nd gaseous mixture -- a means to form said 2nd gaseous mixture when means forming injects said generated hydrogen gas toward the top face of said piston -- it is

Said ignition means is an internal combustion engine which is the accumulation member prepared in said piston-top surface.

[Claim 18]

He is an internal combustion engine according to claim 17,  
 The crevice is established in said piston at said top face,  
 said 2nd gaseous mixture -- a means by which means forming injects said generated hydrogen gas toward said crevice -- it is  
 Said ignition means is an internal combustion engine which is said accumulation member which forms said a part of crevice [ at least ].

[Claim 19]

the gaseous mixture of a fuel and air -- a combustion chamber -- gaseous mixture -- the control approach of the internal combustion engine which it compresses by the compressor style, and the this compressed gaseous mixture is burned, and outputs power -- it is  
 injecting a gasoline as said fuel to said combustion chamber -- this gasoline and air -- said gaseous mixture -- the 1st process which forms in this combustion chamber the 1st gaseous mixture mixed at a rate which does not carry out autohesion fire in compression by the compressor style,

The 2nd process which an organic hydrate is decomposed [ process ] and generates hydrogen gas,

The 3rd process which forms the 2nd gaseous mixture which this hydrogen gas and air mixed by injecting said generated hydrogen gas to said combustion chamber in some fields of this combustion chamber,

The 4th process which lights this 2nd gaseous mixture so it may burn said 2nd gaseous mixture, it may compress said 1st gaseous mixture and you may make it result in autohesion fire

The preparation \*\*\*\*\* approach.

[Claim 20]

It is the control approach according to claim 19,

Said 2nd process is the control approach which is the process which generates hydrogen gas by decomposing a decalin as an organic hydrate.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

## [Field of the Invention]

This invention is controlling the autohesion fire of gaseous mixture in more detail about the technique which takes out power by compressing and carrying out autohesion fire of the gaseous mixture of a fuel and air by the combustion chamber, and it relates to the technique which takes out power at high effectiveness, controlling generating of the atmospheric pollutant produced by combustion.

[0002]

## [Description of the Prior Art]

Though it is comparatively small, since an internal combustion engine can generate big power, it is widely used as the source of power of various migration means, such as an automobile, and a vessel, an aircraft, or a power generation source of stationary types, such as works. Each of these internal combustion engines burns a fuel in a combustion chamber, and it is making into the principle of operation to change and output the pressure generated at this time to mechanical work.

[0003]

In recent years, in order to protect earth environment, it has come to be requested strongly that the discharge of the atmospheric pollutant discharged by the internal combustion engine should be reduced. Moreover, in order to reduce the operation cost of the viewpoint to the internal combustion engine which reduces the discharge of the carbon dioxide leading to [ of the earth ] warming, the further reduction of fuel consumption has come to be demanded strongly.

[0004]

The internal combustion engine of a combustion system (on these specifications, this combustion system is called a "premixing compression autohesion fire combustion system") which does compression autohesion fire of the gaseous mixture by the combustion chamber attracts attention in order to respond to these requests. Although later mentioned in a detail, moreover, the internal combustion engine which adopted the premixing compression autohesion fire combustion system can reduce sharply the discharge and fuel consumption of the atmospheric pollutant contained in exhaust gas to coincidence. However, on the relation to which compression autohesion fire of the gaseous mixture is carried out, this combustion system may have the too early stage when gaseous mixture carries out autohesion fire depending on an internal combustion engine's service condition, and may carry out autohesion fire during compression, and a strong knock may generate it.

[0005]

Then, gaseous mixture to which fuel concentration becomes small gradually by the combustion chamber is formed, and the technique which makes controllable the autohesion fire stage of residual gaseous mixture is proposed because fuel concentration lights a part of gaseous mixture of a large side (patent reference 1). In this technique, the pressure of a combustion chamber is raised by lighting a part of gaseous mixture and burning it, and, thereby, autohesion fire of the residual gaseous mixture is compressed and carried out. Here, since it becomes so long that fuel concentration becomes small, the time delay (autohesion fire time delay) until the compressed gaseous mixture carries out autohesion fire carries out autohesion fire of the gaseous mixture of the compressed remainder one after another from the field where fuel concentration is large, without carrying out autohesion fire at once. If it carries out like this, the stage when a series of autohesion fire is started can be controlled by controlling the stage lighting gaseous mixture, and it is possible to avoid generating of a knock.

[0006]

[Patent reference 1]

JP,2001-254660,A

[0007]

## [Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, in fact, even when such a technique is applied, it is not necessarily easy to control the autohesion fire stage of gaseous mixture certainly, and to avoid generating of a knock. Because, in order to light gaseous mixture, it is necessary to secure a certain amount of time amount to mix a fuel with air in between [ after a fuel must be mixed with air, and having to form gaseous mixture, therefore injecting a fuel to a combustion chamber until it lights ]. However, since autohesion fire may be carried out and gaseous mixture carries out autohesion fire before ignition in such a case while a fuel and air are mixed depending on an internal combustion engine's service condition, an autohesion fire stage is uncontrollable by ignition timing.

[0008]

It is supplying a small amount of hydrogen gas to a combustion chamber, and the applicant of this application develops the technique which controls the autohesion fire stage of gaseous mixture, and is already application ending in order to solve such a technical problem (application for patent No. 196291 [ 2002 to J]). But although control of an autohesion fire stage becomes possible in this technique, consideration sufficient about the loading approach of hydrogen gas is not carried out, but the room of amelioration is still left behind as the whole internal combustion engine. That is, since it carried, when sufficient consideration had to be performed from a viewpoint on insurance to gas leakage etc., technical problems, like there is nothing existed if the supplement of hydrogen gas was also still easier like a gasoline and a big tooth space is not only needed, but it saw as the whole internal combustion engine in having filled up with and carried hydrogen gas in the high pressure tank, the further amelioration was desired from a viewpoint of practicality.

[0009]

This invention is made in order to solve the technical problem in the conventional technique mentioned above, in the internal combustion engine which applied the premixing compression autohesion fire combustion system, is certainly controllable and,

moreover, aims the autohesion fire stage of gaseous mixture at offer of a practical technique.

[0010]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness]

In order to solve a part of above-mentioned technical problem [ at least ], the internal combustion engine of this invention adopted the next configuration. namely

The gaseous mixture of a fuel and air is compressed by the combustion chamber, and he is the internal combustion engine which the this compressed gaseous mixture is burned and outputs power, the gaseous mixture which compresses said gaseous mixture by said combustion chamber -- a compressor style, injecting a gasoline as said fuel to said combustion chamber -- this gasoline and air -- said gaseous mixture -- the 1st gaseous mixture which forms in this combustion chamber the 1st gaseous mixture mixed at a rate which does not carry out autohesion fire in compression by the compressor style -- means forming,

A hydrogen generation-of-gas means to generate hydrogen gas by decomposing an organic hydrate, the 2nd gaseous mixture which forms the 2nd gaseous mixture which this hydrogen gas and air mixed by injecting said generated hydrogen gas to said combustion chamber in some fields of this combustion chamber -- means forming,

An ignition means to light this 2nd gaseous mixture so it may burn said 2nd gaseous mixture, it may compress said 1st gaseous mixture and you may make it result in autohesion fire

Let preparation \*\*\*\*\* be a summary.

[0011]

Moreover, the control approach of this invention corresponding to the above-mentioned internal combustion engine, the gaseous mixture of a fuel and air -- a combustion chamber -- gaseous mixture -- the control approach of the internal combustion engine which compresses using a compressor style, and the this compressed gaseous mixture is burned and outputs power -- it is injecting a gasoline as said fuel to said combustion chamber -- this gasoline and air -- said gaseous mixture -- the 1st process which forms in this combustion chamber the 1st gaseous mixture mixed at a rate which does not carry out autohesion fire in compression by the compressor style,

The 2nd process which an organic hydrate is decomposed [ process ] and generates hydrogen gas,

The 3rd process which forms the 2nd gaseous mixture which this hydrogen gas and air mixed by injecting said generated hydrogen gas to said combustion chamber in some fields of this combustion chamber,

The 4th process which lights this 2nd gaseous mixture so it may burn said 2nd gaseous mixture, it may compress said 1st gaseous mixture and you may make it result in autohesion fire

Let preparation \*\*\*\*\* be a summary.

[0012]

In the control approach of the internal combustion engine of this this invention, and an internal combustion engine, the 1st gaseous mixture which a gasoline and air mixed at a rate which does not carry out autohesion fire only by being compressed by the combustion chamber is formed in this combustion chamber. Subsequently, the 2nd gaseous mixture is formed in some fields of this combustion chamber by supplying hydrogen gas to this combustion chamber. Hydrogen gas is generated by decomposing an organic hydrate. In this way, the pressure of this combustion chamber is raised, and you compress the 1st gaseous mixture, and make it result in autohesion fire by lighting the 2nd formed gaseous mixture.

[0013]

the gaseous mixture compressed by the combustion chamber since autohesion fire of the 1st gaseous mixture was not carried out only by being compressed by the combustion chamber and hydrogen gas had the property which cannot carry out autohesion fire easily -- even if it injects to inside, hydrogen gas does not carry out autohesion fire immediately Since hydrogen gas has the property to light easily by ignition, combustion is started by lighting the 2nd gaseous mixture, and it can compress the 1st gaseous mixture and can be made to result in autohesion fire by this combustion on the other hand. If it carries out like this, autohesion fire of the 1st gaseous mixture can be carried out by controlling the stage lighting the 2nd gaseous mixture at a desired stage. Consequently, it becomes possible to operate carrying out compression autohesion fire of the gaseous mixture, without making it knock at an internal combustion engine, even when the internal combustion engine is operated on what kind of conditions. Although later mentioned in a detail, when an internal combustion engine is operated carrying out compression autohesion fire of the gaseous mixture, it is known that the discharge and fuel consumption of an atmospheric pollutant which are discharged by this internal combustion engine can be decreased that it is simultaneous and sharply. Therefore, it becomes [ to decrease the discharge and fuel consumption of an atmospheric pollutant further ] possible and is desirable if it can operate not being concerned with an internal combustion engine's service condition in this way, but carrying out compression autohesion fire of the gaseous mixture.

[0014]

Furthermore, the hydrogen gas injected to a combustion chamber is generated by decomposing an organic hydrate. Although a detailed reason is mentioned later, if hydrogen gas is generated in this way, in order to generate hydrogen gas, a big tooth space is not needed, and also to gas leakage etc., safety will be high, and moreover a supplement of a raw material will also be easy safety, therefore it will become possible [ constituting a system with fully high practicality as the whole internal combustion engine ]. In addition, it is possible for you to compress the 1st gaseous mixture and to make it result in autohesion fire only by burning very a small amount of hydrogen gas, therefore the hydrogen gas injected to a combustion chamber is good by the minimum daily dose which can light. For this reason, since few daily doses are sufficient also for the organic hydrate used as the raw material of hydrogen gas, the high system of practicality can also consist of such points.

[0015]

In such an internal combustion engine and the control approach, it is good also as using a decalin (decahydronaphthalene) as an organic hydrate.

[0016]

a decalin -- a liquid -- it is -- moreover -- decalin 1 mol from -- five mols Hydrogen gas can be generated. That is, since a tooth space big [ since a lot of hydrogen gas can be generated from a small amount of decalin ] in order to generate hydrogen gas is not required, it is desirable. Moreover, the naphthalene produced as a by-product in case a decalin is decomposed and hydrogen gas is generated is comparatively stable, and does not degrade piping.

[0017]

In case a decalin is decomposed and hydrogen gas is generated, it is good also as contacting a decalin and a catalyst under heating conditions. If it carries out like this, it is possible to decompose a decalin promptly and to generate hydrogen gas.

[0018]

Although naphthalene will arise as a by-product if a decalin is decomposed and hydrogen gas is generated, it is good also as adding to

said 1st gaseous mixture and burning this naphthalene with a gasoline. Of course, when an organic hydrate is decomposed and hydrogen gas is generated, it is good also as burning with a gasoline the hydrocarbon system compound produced by this.

[0019]

The compound of hydrocarbon systems, such as naphthalene produced as a by-product with hydrogen gas, can be burned with a gasoline. Therefore, since a by-product can be processed if it carries out like this, it is suitable. Furthermore, since the octane value is high compared with a gasoline, if it burns with a gasoline, since such by-products, such as naphthalene, can control generating of a knock and can raise an internal combustion engine's engine performance, they are suitable.

[0020]

The naphthalene produced as a by-product at the time of generating hydrogen gas is good also as injecting directly into a combustion chamber. Although naphthalene has the property which will be solidified if temperature becomes low, if it injects directly into a combustion chamber, since naphthalene can be certainly supplied to a combustion chamber and it can be made to burn with said 1st gaseous mixture, it is desirable.

[0021]

Or it is good also as adding to said 1st gaseous mixture by injecting naphthalene in the air which flows into said combustion chamber, and supplying it to this combustion chamber with this air. Since injecting naphthalene, then an injection pressure cannot be heightened so much into this air but \*\* can also inject naphthalene before air flows into a combustion chamber, it is possible to make an injection system simple.

[0022]

Furthermore, it is good for the gasoline container in which the gasoline injected by said combustion chamber is stored also as adding said naphthalene. Since naphthalene is dissolved in a gasoline, if it carries out like this, naphthalene can be injected to a combustion chamber with a gasoline. Therefore, since it becomes possible to add simple to the 1st gaseous mixture and to burn naphthalene in it, it is desirable.

[0023]

It is good also as heating this naphthalene at a part of path [ at least ] for adding naphthalene by such approach of adding naphthalene to the 1st gaseous mixture. Since it becomes possible since naphthalene has the property which will be solidified if temperature becomes low to prevent solidification of naphthalene and to supply a combustion chamber certainly, if naphthalene is heated in this way, it is desirable.

[0024]

In such an internal combustion engine which injects hydrogen gas to a combustion chamber, the hydrogen gas injected by this combustion chamber is stored in the hydrogen container, and it is good also as controlling the amount of decomposition of said organic hydrate based on the pressure which detected and this detected the pressure in this hydrogen container.

[0025]

For example, when the pressure in a hydrogen container declines, the amount of decomposition of an organic hydrate can be increased, and the pressure in a hydrogen container can be kept constant by reducing the amount of decomposition, when the pressure in a hydrogen container rises conversely. In this way, if a pressure is kept constant, since it becomes possible to be stabilized in a combustion chamber and to inject hydrogen gas, it is desirable.

[0026]

It is, it is, and in the internal combustion engine which did the claudication, the demand torque which this internal combustion engine should generate is detected, and when the this detected demand torque is smaller than the 1st predetermined threshold, gaseous mixture may be burned as follows. first, a gasoline and air -- said gaseous mixture -- the 3rd gaseous mixture mixed at a rate which carries out autohesion fire by compression by the compressor style is formed in said combustion chamber. Moreover, injection of hydrogen gas is stopped and formation of said 2nd gaseous mixture is not performed. In connection with this, the ignition over this 2nd gaseous mixture is also stopped. and said gaseous mixture -- it is good also as compressing and carrying out autohesion fire of said 3rd gaseous mixture by the compressor style.

[0027]

With the internal combustion engine which does compression autohesion fire of the gaseous mixture by the combustion chamber, since it is hard to generate a knock when a load is low, autohesion fire can be carried out at a suitable stage because do not light the hydrogen gas injected to the combustion chamber as mentioned above but \*\* also compresses gaseous mixture. Therefore, the value suitable as the 1st threshold is set up beforehand, and when smaller than the 1st threshold which requires demand torque, since it can be used efficiently, saving compressing and carrying out autohesion fire of said 3rd gaseous mixture, then hydrogen gas, it is suitable.

[0028]

In such an internal combustion engine, when demand torque is still smaller (i.e., when this demand torque is smaller than the 2nd predetermined threshold smaller than said 1st threshold), it is good also as burning gaseous mixture as follows. That is, the gaseous mixture of a gasoline, hydrogen gas, and air is formed by forming gaseous mixture with gasoline concentration higher than said 1st gaseous mixture in said combustion chamber, and injecting hydrogen gas further. In this way, it is good also as lighting the gaseous mixture of the gasoline, hydrogen gas, and air which were formed, and burning it.

[0029]

Since it will become that gaseous mixture is compressed and it is hard to carry out autohesion fire if a load becomes extremely low, it is desirable to light gaseous mixture and to burn it on such conditions. But the merit that the improvement in the merit when carrying out compression autohesion fire of the gaseous mixture in such a case, i.e., fuel consumption effectiveness, and the discharge of an atmospheric pollutant decrease is no longer obtained. However, as for hydrogen gas, it is possible it to be adding hydrogen gas to gaseous mixture, and to burn the very low gaseous mixture of fuel concentration, since the ignition range is very wide. Therefore, also in the extremely low conditions of a load, if hydrogen gas is added to gaseous mixture and the very low gaseous mixture of fuel concentration is burned, since it becomes possible to raise fuel consumption effectiveness and to decrease the discharge of an atmospheric pollutant, it is suitable.

[0030]

It is, it is, and when the detected demand torque is large in the internal combustion engine which did the claudication (i.e., when demand torque has exceeded the 3rd bigger predetermined threshold than said 1st threshold), it is good also as burning gaseous mixture as follows. The gaseous mixture (stoichiometric mixture) which a gasoline and air mixed by the chemically correct mixture ratio is formed in a combustion chamber, and this stoichiometric mixture is lit and is burned. Moreover, an internal combustion engine's rotational speed is detected, and also when the detected rotational speed is larger than a predetermined threshold rate, it is good also as forming the stoichiometric mixture of a gasoline and air in a combustion chamber, lighting this stoichiometric mixture and burning it similarly.

[0031]

Since big power must be outputted when the demand torque to an internal combustion engine is large, the direction which a stoichiometric mixture is lit [ direction ] and burns it is more suitable rather than compressing and carrying out autohession fire of the gaseous mixture. Moreover, a stoichiometric mixture lights easily, and since it burns promptly, it is suitable [ stoichiometric mixture ] also in order to carry out high-speed rotation of the internal combustion engine. Therefore, when the demand torque to an internal combustion engine is large, or when rotational speed is high, a stoichiometric mixture is formed in a combustion chamber and it becomes possible by lighting this gaseous mixture to operate an internal combustion engine appropriately.

[0032]

Or the heating front face heated beyond predetermined temperature is established in an internal combustion engine's combustion chamber mentioned above, and it is good also as carrying out heat surface ignition of said 2nd gaseous mixture containing hydrogen gas on this heating front face.

[0033]

When hydrogen gas contacts a heating front face, it has the property which carries out heat surface ignition easily. Therefore, if this property of hydrogen gas is used, it will become possible to light the 2nd gaseous mixture that it is simple and certainly.

[0034]

It is good also as using a glow plug as such a heating front face. Since the glow plug is widely used with internal combustion engines of a diffusive-burning method, such as the so-called diesel power plant, it is easy to receive and, moreover, has sufficient dependability. Therefore, if a glow plug is used, a heating front face can be established in a combustion chamber that it is simple and certainly.

[0035]

Or the accumulation member is prepared in the piston front face, and the front face of this accumulation member can also be used as a heating front face. Since it is exposed to combustion of the gaseous mixture in a combustion chamber, if the accumulation member is prepared in the piston front face, as for the piston front face, it is possible for heat of combustion to be stored in an accumulation member, and to form a heating front face simple.

[0036]

Furthermore, the crevice is established in the front face of said piston, and it is good also as forming a part of crevice [ at least ] by injecting hydrogen gas toward this crevice, using this accumulation member as forming said 2nd gaseous mixture.

[0037]

Since the injected hydrogen gas will stop in a crevice if it carries out like this, while being able to form the 2nd gaseous mixture certainly in a crevice, since heat surface ignition of the 2nd gaseous mixture can be certainly carried out with the heat stored in the accumulation member, it is desirable.

[0038]

[Embodiment of the Invention]

In order to explain an operation and effectiveness of this invention more clearly, the example of this invention is explained according to the following sequence.

A. The 1st example :

A-1. Equipment configuration :

A-2. Outline of engine control :

A-3. Outline of a combustion control :

A-4. Modification :

B. The 2nd example :

[0039]

A. The 1st example :

A-1. Equipment configuration :

Drawing 1 is the explanatory view having shown the structure of the engine 10 of the 1st example notionally. The engine 10 of the 1st example is a four-cycle-type engine which outputs power by burning gaseous mixture in a combustion chamber, repeating four strokes of inhalation of air, compression, expansion, and exhaust air. As shown in drawing 1, the engine 10 consists of an engine 100 which consists of the cylinder head 130, a cylinder block 140, etc., a hydrogen gas generator 200 which is made to generate hydrogen gas and is supplied to an engine 100. In addition, the engine 100 shows the condition of a combustion chamber of having taken the cross section with the mid gear mostly, in order to show the structure.

[0040]

The basic structure of an engine 100 is the structure where the cylinder head 130 was attached to the upper part of a cylinder block 140 as illustrated. The cylinder 142 of a cylindrical shape is formed in the interior of a cylinder block 140, and a piston 144 slides on the interior of this cylinder 142 up and down. The space surrounded on the cylinder 142, the piston 144, and the inferior surface of tongue of the cylinder head 130 serves as a combustion chamber.

[0041]

The piston 144 is connected to the crankshaft 148 through the connecting rod 146, and a piston 144 slides on the inside of a cylinder 142 up and down with rotation of a crankshaft 148.

[0042]

The inhalation-of-air path 12 for adopting inhalation air to a combustion chamber, the ignition plug 136 for lighting the gaseous mixture of a combustion chamber, the flueway 16 for discharging the combustion gas which occurred in the combustion chamber, etc. are connected to the cylinder head 130. Moreover, the intake valve 132 and the exhaust air bulb 134 are formed in the cylinder head 130. An intake valve 132 and the exhaust air bulb 134 are driven with the electric actuators 162 and 164 to each. The electric actuator 162, 164 can open and close an intake valve 132 and the exhaust air bulb 134 by carrying out two or more laminatings, being constituted, and deforming electrostriction components, such as a piezo-electric element, into a high speed extremely according to the electrical potential difference impressed. The electric actuator 162, 164 opens and closes the inhalation-of-air path 12 and a flueway 16 by driving an intake valve 132 and the exhaust air bulb 134 under the control of ECU mentioned later according to the electrical potential difference impressed.

[0043]

The air cleaner 20 is formed in the upstream of the inhalation-of-air path 12, and the filter for removing the foreign matter in air is built in the air cleaner 20. When the air inhaled by the engine passes an air cleaner 20, after a filter removes a foreign matter, it is inhaled by the combustion chamber. Moreover, the throttle valve 22 is formed in the inhalation-of-air path 12, and the air content inhaled by the combustion chamber can be controlled by driving the electric actuator 24 and controlling a throttle valve 22 to suitable

opening.

[0044]

The fuel injection valve 15 and the hydrogen injection valve 14 are formed in the cylinder head 130. Moreover, the naphthalene injection valve 19 is formed in the inhalation-of-air path 12. The hydrogen injection valve 14 injects hydrogen gas from the hydrogen gas generator 200 to a combustion chamber in response to supply of hydrogen gas. A fuel injection valve 15 injects the gasoline fed from the fuel pump which is not illustrated to a combustion chamber. About the detail of the hydrogen gas generator 200, it mentions later. The naphthalene injection valve 19 injects the by-product (this example naphthalene) produced in case the hydrogen gas generator 200 generates hydrogen gas. By carrying out like this, the injected naphthalene will burn in a combustion chamber with a gasoline.

[0045]

The catalyst 26 for purifying the atmospheric pollutant contained in exhaust gas is formed in the lower stream of a river of a flueway 16. In this way, if the catalyst 26 is formed in the flueway, the atmospheric pollutant slightly contained in exhaust gas will also become possible [purifying completely].

[0046]

Actuation of an engine 100 is controlled by the unit 30 for engine control (the following, ECU). Furthermore, ECU30 also performs control of the hydrogen gas generator 200. ECU30 is the microcomputer of the common knowledge constituted by connecting CPU, RAM, ROM, an A/D-conversion component, a D/A sensing element, etc. mutually by bus. ECU30 is an engine speed Ne. Accelerator opening thetaac is detected and a throttle valve 22 is controlled to suitable opening based on these. Engine speed Ne It is detectable by the crank angle sensor 32 formed at the tip of a crankshaft 148. Accelerator opening thetaac is detectable by the accelerator opening sensor 34 built in the accelerator pedal. ECU30 also performs control which drives the hydrogen injection valve 14, a fuel injection valve 15, an ignition plug 136, the naphthalene injection valve 19, etc.

[0047]

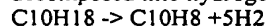
The hydrogen gas generator 200 generates hydrogen gas by carrying out dehydrogenation of the organic hydrate used as the raw material of hydrogen gas. In this example, although the decalin (decahydronaphthalene) is used as an organic hydrate, of course, not only this but any organic hydrates can be used as a raw material.

[0048]

The structure of the hydrogen gas generator 200 of this example is explained. The raw material tank 202 in which the hydrogen gas generator 200 stores an organic hydrate, The raw material pump 204 which pumps up an organic hydrate from the raw material tank 202, The dehydrogenation machine 206 to which dehydrogenation of the supplied organic hydrate is carried out, The hydrogen separation container 210 which separates the catalyst heater 208 by which the catalyst used for dehydrogenation is warmed, and the hydrogen gas discharged from the dehydrogenation machine 206 and the by-product (this example naphthalene) of dehydrogenation, The hydrogen tank 212 in which the generated hydrogen gas is stored, and the naphthalene tank 214 in which the naphthalene of a by-product is stored, In order to avoid that naphthalene solidifies while supplying the naphthalene injection valve 19 from the naphthalene tank 214, it consists of naphthalene heaters 218 by which naphthalene is warmed through a path.

[0049]

With the dehydrogenation vessel 206, a decalin is contacted to a platinum catalyst. If it carries out like this, a decalin will be decomposed into hydrogen gas and naphthalene according to the following reaction formula.



The platinum catalyst is maintained at the temperature of 250 degrees C or more by the catalyst heater 208 here, and the dehydrogenation of the decalin by the upper type advances promptly. In addition, it is not necessarily restricted to a platinum catalyst, and a catalyst can also choose and use a suitable thing out of the catalyst of other common knowledge.

[0050]

The pressure sensor 216 is formed in the hydrogen tank 212, and the tank internal pressure detected by this is outputted to ECU30. Pressurization devices, such as a pump, are built in the naphthalene tank 214, and the naphthalene in a tank is fed toward the naphthalene injection valve 19. Moreover, he is urged to form the sensor which detects the accumulated dose of naphthalene also in the naphthalene tank 214, to output an alarm toward ECU30, when the accumulated dose of naphthalene exceeds an allowed value, and to remove the naphthalene deposited in the tank.

[0051]

By this example, the heater of the method by which exhaust heat is used effectively and warmed is used for the naphthalene heater 218 by circulating a part of exhaust gas. If it carries out like this, the energy for warming naphthalene will become unnecessary. Of course, it is good also as warming using other approaches, such as power. If power etc. is used, it will become possible to control the amount of heating finely.

[0052]

Drawing 2 is the explanatory view showing the structure of the combustion chamber established in the interior of an engine 100.

Drawing 2 (a) is the sectional side elevation when taking a cross section with a mid gear mostly of a combustion chamber. The crevice 143 for leading the hydrogen gas injected from the hydrogen injection valve 14 to an ignition plug 136 is established in the top face of a piston 144 so that it may illustrate. Drawing 2 (b) is the plan of a piston 144 which looked at the piston-top surface which constitutes a part of combustion chamber from the upper part (namely, cylinder head 130 side). In order to clarify physical relationship of the crevice 143 established in the piston-top surface, and the hydrogen injection valve 14 and ignition plug 136 grade which were prepared in the cylinder head 130, in drawing 2 (b), the hydrogen injection valve 14, the fuel injection valve 15, the ignition plug 136, the intake valve 132, and the exhaust air bulb 134 are expressed as the thin broken line. In this example, the crevice 143 is mostly continued and established in the ignition plug 136 of a piston-top surface and the location which counters of the hydrogen injection valve 14 from near the tip so that it may illustrate.

[0053]

A-2. Outline of engine control :

Under control of ECU30, the engine 10 which has the above configurations burns a gasoline, and generates power. Drawing 3 is the flow chart which showed the flow of the engine operation control routine which ECU30 performs. Hereafter, it explains according to a flow chart.

[0054]

If an engine control routine is started, ECU30 will perform first processing which computes the target output torque which an engine 10 should generate (step S100). A target output torque is computed based on accelerator opening thetaac detected by the accelerator opening sensor 34. That is, an engine operator performs actuation which steps on and increases an accelerator pedal, when to increase an engine output torque is wished. Moreover, an accelerator pedal is made into a close-by-pass-bulb-completely condition when it is



thought that it is not necessary to generate torque from an engine. Therefore, it is possible that the control input of an accelerator pedal represents the torque which the engine operator is demanding. At step S100, the target output torque which an engine should output from accelerator opening  $\theta_{ac}$  is computed based on such a principle.

[0055]

Subsequently, ECU30 is an engine speed  $N_e$ . It detects (step S102). Engine speed  $N_e$  Based on the output of the crank angle sensor 32, it is computable.

[0056]

If a target output torque and an engine speed are detected, processing which sets up a control system will be performed (step S104). This is the following processings. When a premixing compression autohesion fire combustion system is adopted as a combustion system of gaseous mixture, there are few discharges of an atmospheric pollutant and they can acquire the outstanding property that little fuel consumption is also, but if an engine load becomes high, it will lifting-come to be easy of a knock. Although later mentioned in a detail, in order to solve such a problem, the engine 10 of the 1st example has avoided generating of a knock on the conditions that an engine load is expensive, by injecting hydrogen gas to a combustion chamber to the timing near a compression top dead center, lighting hydrogen gas, and carrying out autohesion fire of the gaseous mixture of a combustion chamber. Moreover, in the super-low load region where it becomes difficult to carry out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and the pole heavy load region or high rotation region for which a big output is needed, a further different combustion system from this is adopted.

[0057]

So, at step S104, an engine current service condition detects to any it shall correspond between "super-low load conditions", "low loading conditions", "heavy load conditions", and "a pole heavy load and quantity rotation conditions", and performs processing which sets up a suitable control system according to each condition. The service condition which specifically corresponds to ROM built in ECU30 according to the combination of an engine speed and a target output torque is beforehand memorized in the form of the map as notionally shown in drawing 4. At step S104, the suitable control system according to each service condition is set up by referring to this map.

[0058]

If a control system is set up, processing which computes the fuel quantity and the inhalation air content which are continuously injected to a combustion chamber will be performed (step S106). Moreover, on super-low load conditions and heavy load conditions, processing which computes the injection quantity of hydrogen gas in step S106 is also performed. Such fuel oil consumption and an inhalation air content (when required, it is the hydrogen gas injection quantity) are computed by referring to the map currently prepared for every monograph affair of "super-low load conditions", "low loading conditions", "heavy load conditions", and "a pole heavy load and quantity rotation conditions."

[0059]

Drawing 5 is the explanatory view which expressed notionally signs that the required map was memorized for every monograph affair in ROM of ECU30, respectively. For super-low load conditions, the map of an inhalation air content, the map of fuel oil consumption, and the map of the hydrogen gas injection quantity are memorized. Moreover, for low loading conditions, for heavy load conditions, the map of an inhalation air content, the map of fuel oil consumption, and the map of the hydrogen gas injection quantity are memorized, the map of an inhalation air content and fuel oil consumption is memorized for the map of an inhalation air content, and the map of fuel oil consumption a pole heavy load and for high-speed rotation conditions, respectively, and the suitable value for which each map was asked by experimental technique, respectively is memorized.

[0060]

Here, in the premixing compression autohesion fire combustion system, the fundamental view for setting up an inhalation air content and fuel oil consumption as shown in the map of drawing 5 is explained briefly. Also in a premixing compression autohesion fire combustion system, in order to set up an inhalation air content and fuel oil consumption, the torque (demand torque) first demanded of the internal combustion engine must be decided. If demand torque is decided, according to this value, fuel quantity will be decided mostly naturally. That is, since an internal combustion engine burns a fuel, and raises the pressure of a combustion chamber and this pressure is changed and outputted to torque, the yield and fuel quantity of torque can determine required fuel quantity according to this, if about 1 to 1 is supported and demand torque is decided. If fuel quantity is determined, an air content will be determined next. In order to compress and carry out autohesion fire of the gaseous mixture, it is required to mix air and a fuel at a predetermined rate. Therefore, if fuel quantity is decided, it will be decided naturally that the air content which should be mixed with this fuel will be a certain within the limits. Then, the air content from which a good combustion condition is acquired out of this range is determined experimentally. When injecting hydrogen gas with a gasoline, some fuels determined as mentioned above are transposed to hydrogen gas. On the occasion of replacement, it replaces by the predetermined ratio which becomes settled according to the calorific value of a gasoline and hydrogen gas. In addition, the daily dose which transposes a gasoline to hydrogen gas is determined using experimental technique so that the consumption of hydrogen gas may decrease as much as possible.

[0061]

Moreover, in this example, by decomposing the organic hydrate called a decalin, hydrogen gas is generated and naphthalene is generated as a by-product with generating of hydrogen gas. A part of this naphthalene is processed by making it burn as a fuel with a gasoline in a combustion chamber. Therefore, as for the fuel quantity determined by the approach mentioned above, a part [ further ] is transposed to naphthalene. Since naphthalene cannot burn easily compared with a gasoline, it has a possibility of having a bad influence on the combustion condition of gaseous mixture, in having made [ many / not much ] the rate of naphthalene. So, in this example, to the gasoline, naphthalene is set up so that it may not be concerned with a service condition but may become the always same ratio. Below, in order to avoid that explanation becomes complicated, a gasoline and naphthalene may be doubled and it may be called a fuel. In addition, although a gasoline and naphthalene are explained as what is set as the always same ratio, of course, they may optimize this ratio here according to a service condition.

[0062]

In step S106 of drawing 3, processing which controls the opening of a throttle valve 22 will be performed if an inhalation air content and fuel oil consumption (it is the hydrogen injection quantity further when required) are computed referring to the map set up as mentioned above, then so that the air of the computed daily dose may be inhaled in each combustion chamber (step S108). Control of the opening of a throttle valve can be performed by the well-known various approaches. For example, what is necessary is to measure an inhalation air content with the intake air flow sensor formed in the inhalation-of-air path 12, and just to control the opening of a throttle valve 22 to become a suitable air content. Or not using an intake air flow sensor, an inhalation air content may be computed by measuring the inhalation-of-air path internal pressure of the downstream of a throttle valve 22. It is good also as setting beforehand as the map throttle opening from which a suitable air content is acquired according to an engine speed simple, and setting up throttle opening with reference to this map.

[0063]

ECU30 performs fuel-injection control following throttle control (step S110). In fuel-injection control, a suitable quantity of a fuel is supplied to a combustion chamber to suitable timing according to a motion of a piston 144 by driving a fuel injection valve 15 and the naphthalene injection valve 19 based on the fuel oil consumption computed at step S106. About the detail of fuel-injection control, it mentions later using another drawing.

[0064]

If fuel-injection control is performed, ECU30 will judge whether a current service condition corresponds to either heavy load conditions or super-low load conditions (step S112). When it is one of service conditions, control which injects hydrogen gas is performed to a combustion chamber from (step S112:yes) and the hydrogen injection valve 14 to suitable timing (step S114). Moreover, when it corresponds to neither of the conditions, control is skipped, without performing (step S112:no) and hydrogen gas injection control.

[0065]

Subsequently, it judges whether an engine service condition corresponds to low loading conditions (step S116). And ignition control is performed only when it does not correspond to low loading conditions this time (step S118). Ignition control is control which flies a spark from an ignition plug 136 to suitable timing, and lights the gaseous mixture of a combustion chamber. Suitable timing is beforehand memorized in the format of a map of as opposed to an engine speed and demand torque the whole monograph affair excluding [ ignition timing ] low loading conditions. In step S118, ECU30 performs processing which drives an ignition plug 136 to suitable timing by referring to this map. Moreover, since autohesion fire of the gaseous mixture can be carried out only by raising a piston and compressing when the present service condition corresponds to low loading conditions, the control for flying a spark from an ignition plug is skipped.

[0066]

In this way, if gaseous mixture is burned, the pressure of a combustion chamber rises rapidly and tends to depress a piston 144 downward. This force is told to a crankshaft 148 through a connecting rod 146, with a crankshaft 148, is changed into torque and outputted as power.

[0067]

Subsequently, ECU30 repeats a series of processings which return and follow step S100, if it checks whether the purport which suspends an engine has been set up (step S120) and the purport to stop is not set up. When the purport which suspends an engine is set up, an engine operation control routine is ended as it is. Thus, according to the control routine of drawing 3, it is operated under control of ECU30, and an engine 10 outputs the torque according to a setup of an operator.

[0068]

A-3. Outline of a combustion control :

In the engine operation control routine mentioned above, by performing fuel-injection control, hydrogen gas injection control, ignition control, etc. explains the contents of control which burn gaseous mixture in a combustion chamber. As mentioned above, as for the engine 10, the contents of control differ according to to any a current service condition shall correspond between "super-low load conditions", "low loading conditions", "heavy load conditions", and "a pole heavy load and quantity rotation conditions." Below, the contents of control in each service condition are explained in order.

[0069]

(1) At the time of super-low load conditions :

Drawing 6 is the explanatory view having shown the drive timing of an intake valve 132, the exhaust air bulb 134, a fuel injection valve 15, the naphthalene injection valve 19, the hydrogen injection valve 14, and an ignition plug 136 in super-low load conditions. All over drawing, TDC shows the timing from which a piston 144 serves as a location of a top dead center, and BDC shows the timing from which a piston 144 serves as a location of a bottom dead point.

[0070]

After [ TDC ] opening an intake valve 132 to front timing for a while, on super-low load conditions, a piston 144 is dropped, as illustrated. Air will be inhaled by the combustion chamber if a piston 144 is dropped with the intake valve 132 opened. The amount of inhalation of air is determined by the opening of a throttle valve 22. Naphthalene is continuously injected [ to a combustion chamber ] a gasoline from a fuel injection valve 15 and injected to the inhalation-of-air path 12 after initiation of inhalation of air to the neighboring predetermined timing which passed over a little TDC from the hydrogen injection valve 14 to hydrogen gas, and the naphthalene injection valve 19. These fuel injection periods are displayed by attaching hatching all over drawing. The injection quantity of a gasoline, naphthalene, and hydrogen gas is controllable by changing a fuel injection period. These fuel injection periods are determined based on the fuel oil consumption and the hydrogen gas injection quantity which were computed beforehand at step S106 of drawing 3. Moreover, the fuel injection period of the naphthalene injection valve 19 is always set as a fixed ratio to a fuel injection valve 15. In this way, the gasoline injected by the combustion chamber and hydrogen gas, and the naphthalene which was injected by the inhalation-of-air path 12 and flowed into the combustion chamber with air further are stirred by the combustion chamber along with a motion of a piston 144, and forms the gaseous mixture to which a fuel (a gasoline and naphthalene), hydrogen gas, and air were mixed with homogeneity.

[0071]

An intake valve 132 is closed in the neighborhood where the piston 144 exceeded BDC. Since a motion of a piston 144 starts to go up from descent bordering on BDC, if an intake valve 132 is closed after BDC, the gaseous mixture of a combustion chamber will be compressed with a rise of a piston 144. And a piston 144 lights the gaseous mixture compressed by the combustion chamber by flying a spark from an ignition plug 136 in the neighborhood which reached TDC again. All over drawing, the timing of ignition is displayed by the asterisk. Consequently, it burns promptly, the pressure of a combustion chamber rises, and gaseous mixture tends to depress a piston 144. In this way, a piston 144 descends receiving the pressure from a combustion chamber side, changes into mechanical work the pressure received at this time, and outputs it as power.

[0072]

Then, the exhaust air bulb 134 is opened shortly in the neighborhood which the piston 144 has fallen mostly and reaches BDC. Then, a piston 144 follows on going up and the exhaust gas of a combustion chamber is discharged from the exhaust air bulb 134. In this way, since the exhaust gas of a combustion chamber is mostly discharged when a piston 144 reaches TDC mostly, the exhaust air bulb 134 is closed and an intake valve 132 is opened instead. And a piston 144 is dropped again and inhalation of air is started.

[0073]

With the engine 10 of this example, in this way, by injecting hydrogen gas with a fuel (a gasoline and naphthalene) in super-low load conditions, the gaseous mixture containing hydrogen gas is formed in a combustion chamber, and is burned. While improving the fuel consumption effectiveness of an engine 10 since it states below if hydrogen gas is added to gaseous mixture, the discharge of an

atmospheric pollutant can be decreased. Moreover, about the effectiveness which has added naphthalene, it mentions later.

[0074]

Generally, even if gaseous mixture has too few rates of a fuel to air, even if there is conversely, it does not burn, but has the property in which it will not light if there is no mixing ratio of a fuel and air within the limits of predetermined. [ too much ] On these specifications, such range will be called the ignition range. Moreover, the mixing ratio of a fuel and air is expressed using the index called the air-fuel ratio which took the weight ratio of air to a fuel in many cases. Hydrogen gas has the features that the ignition range is wide compared with other fuels, such as a gasoline. Therefore, since hydrogen gas will be lit first, this will serve as charcoal and a gasoline will be burned if a small amount of hydrogen gas is added to gaseous mixture even if it is the thin gaseous mixture (gaseous mixture with a big air-fuel ratio) which does not light with a gasoline, finally gaseous mixture can be burned. That is, if a small amount of hydrogen gas is added to the gaseous mixture of a gasoline, in a gasoline independent, it will become possible to also burn thin gaseous mixture which does not light. For this reason, while improving fuel consumption effectiveness, it becomes possible to also decrease the discharge of an atmospheric pollutant.

[0075]

(2) At the time of low loading conditions :

Next, the combustion control in low loading conditions is explained. Drawing 7 is the explanatory view having shown the drive timing of an intake valve 132, the exhaust air bulb 134, a fuel injection valve 15, the naphthalene injection valve 19, and an ignition plug 136 in low loading conditions. As shown in drawing, an intake valve 132 is opened to the timing to which the piston 144 passed over TDC and descended for a while at the time of low loading conditions. If it compares with drawing 6 , on low loading conditions, the timing which opens an intake valve 132 is late compared with super-low load conditions so that clearly. Thus, about the reason made late, it mentions later. At the time of low loading conditions, it is the predetermined timing before a piston 144 passes over TDC and an intake valve 132 opens as a fuel, and it injects only a gasoline first. Then, naphthalene is injected to the predetermined timing after opening an intake valve 132. If it carries out like this, naphthalene will flow in a combustion chamber to compensate for the inflow of air. With the gasoline injected beforehand, the naphthalene which flowed with air circles in a combustion chamber, and forms uniform gaseous mixture. In addition, in drawing 7 , although a gasoline shall be injected before it opens an intake valve 132, it is good also as injecting, after opening an intake valve 132. In this case, a gasoline rides the flow of air with naphthalene, flows into a combustion chamber, and it forms uniform gaseous mixture, circling in a combustion chamber.

[0076]

Since a piston 144 starts to go up from descent bordering on BDC, it closes an intake valve 132 to the neighboring timing which passed over BDC. While avoiding that gaseous mixture flows backwards from a combustion chamber by carrying out like this, compression of gaseous mixture is started. While a piston 144 goes up, adiabatic compression is carried out, whenever [ mixed atmospheric temperature ] goes up, and gaseous mixture reaches at the ignition point to the timing to which a piston 144 reaches TDC mostly. Consequently, the gaseous mixture of a combustion chamber carries out autohesion fire to coincidence mostly, and premixing compression autohesion fire combustion is performed.

[0077]

Here, autohesion fire of the gaseous mixture must be carried out to suitable timing, and even if the timing of autohesion fire is too early and it is too late, it cannot operate an engine 10 smoothly. Then, in order to carry out autohesion fire of the gaseous mixture to suitable timing, an inhalation air content and fuel oil consumption are beforehand set as the suitable value. Since the temperature of gaseous mixture will become easy to rise first so that it increases about an inhalation air content if it supplements a little and this is explained, gaseous mixture becomes easy to light. Moreover, the optimum value which is easy to light exists in the air-fuel ratio, and gaseous mixture stops being able to light easily, so that an air-fuel ratio separates from this optimum value. Therefore, autohesion fire of the gaseous mixture can be carried out to desired timing by setting an inhalation air content and fuel oil consumption as a suitable value. Such a suitable inhalation air content and fuel oil consumption are set to the map at the time of the low loading conditions notionally shown in drawing 5 . The engine 10 of this example has realized improvement of fuel consumption effectiveness and reduction of the discharge of an atmospheric pollutant to coincidence by performing premixing compression autohesion fire combustion in this way at the time of low loading conditions. By performing premixing compression autohesion fire combustion, it mentions later about the reason such whose a thing becomes possible.

[0078]

If gaseous mixture carries out autohesion fire near TDC, combustion chamber internal pressure rises and it is going to depress a piston 144. Receiving this force, a piston 144 descends and changes a pressure into power. If the exhaust air bulb 134 is opened, exhaust gas will be discharged from a combustion chamber with a rise of a piston 144 in the neighborhood where a piston 144 reaches BDC. At the time of low loading conditions, before a piston 144 reaches TDC as shown in drawing 7 , the exhaust air bulb 134 is closed. A part of exhaust gas can be confined in a combustion chamber by carrying out like this. Since exhaust gas is an elevated temperature, if air and a fuel are supplied here, it will become possible to be able to make whenever [ mixed atmospheric temperature ] high, therefore to carry out autohesion fire of the gaseous mixture certainly.

[0079]

Moreover, since a part of exhaust gas is confined in the combustion chamber as a result of closing the exhaust air bulb 134 a little early in this way, if an intake valve 132 is opened near TDC, the shut-up exhaust gas will flow backwards from a combustion chamber. What is necessary is just to open an intake valve 132 to the timing to which the pressure of a combustion chamber fell bottom a few [ the piston 144 ], in order to avoid such a thing. As mentioned above, compared with the time of super-low load conditions, the timing which opens an intake valve 132 is late for avoiding that exhaust gas flows backwards from a combustion chamber at the time of low loading conditions. Moreover, if it sets up before an intake valve 132 opens the timing which injects a gasoline, as shown in drawing 7 , since it will inject in hot exhaust gas, evaporation of a gasoline is promoted and it becomes possible to form uniform gaseous mixture.

[0080]

Drawing 8 is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and it was burned in low loading conditions. Drawing 8 (a) injects a gasoline during descent of a piston 144, and shows notionally signs that open an intake valve 132 and air is inhaled after that. Fine hatching shown all over drawing expresses spraying of the gasoline injected by the combustion chamber, and the arrow head of a continuous line expresses the flow of the air which flows from an intake valve 132. The naphthalene injected in the inhalation-of-air path 12 flows into a combustion chamber with air. With the air containing the naphthalene which flows in this way, gasoline spraying is stirred by the combustion chamber and forms uniform gaseous mixture.

[0081]

Drawing 8 (b) shows notionally signs that raised the piston 144 and the gaseous mixture of a combustion chamber is compressed. To

this timing, it mixes with air completely and the fuel (a gasoline and naphthalene) forms uniform gaseous mixture. This is expressed by giving hatching to the whole combustion chamber all over drawing.

[0082]

A piston 144 is the neighborhood which reached TDC mostly, and drawing 8 (c) shows notionally signs that the gaseous mixture of a combustion chamber is carrying out autohesion fire to coincidence mostly. The small asterisk shown in the combustion chamber all over drawing expresses notionally signs that gaseous mixture is carrying out autohesion fire. Thus, since gaseous mixture carries out autohesion fire to coincidence mostly by the combustion chamber in a premixing compression autohesion fire combustion system, it is possible to improve the discharge and fuel consumption of an atmospheric pollutant that it is simultaneous and sharply. Hereafter, this reason is explained briefly.

[0083]

It is thought that the reason such whose a thing becomes possible by carrying out premixing compression autohesion fire combustion is based on three factors of "improvement in whenever [ isochore ]", and "an increment in an excess air factor" and "an increment in the specific heat." First, "improvement in whenever [ isochore ]" which is the 1st factor is explained. According to the place which the cycle theory about an internal combustion engine teaches, a piston is the timing of a compression top dead center, and as for the effectiveness of a gasoline engine, a peak price is obtained when all the gaseous mixture of a combustion chamber burns momentarily (by namely, infinitesimal time amount). But although gaseous mixture of a combustion chamber cannot be burned momentarily in fact, engine effectiveness can be raised, so that the gaseous mixture of a combustion chamber is burned for a short time. Whenever [ isochore ] can be considered to be the index which shows how combustion of all gaseous mixture was made to complete for a short time. Engine effectiveness becomes high, so that whenever [ isochore ] becomes high.

[0084]

In a premixing compression autohesion fire combustion system, combustion of the gaseous mixture of a combustion chamber can be mostly started to coincidence by compressing and carrying out autohesion fire of the gaseous mixture. Consequently, combustion of all gaseous mixture will be mostly completed to coincidence, and whenever [ isochore ] can be raised greatly. In this way, since whenever [ isochore ] can be raised, engine effectiveness is improved and it becomes possible to decrease fuel consumption greatly.

[0085]

Next, "an increment in an excess air factor" which is the 2nd factor is explained. Since gaseous mixture thin (an air-fuel ratio is big) in a premixing compression autohesion fire combustion system is burned, the discharge of an atmospheric pollutant can be reduced. That is, although the main atmospheric pollutants discharged from an engine are three, nitrogen oxides, and a hydrocarbon and a carbon monoxide, they can decrease the amount of generation of nitrogen oxides, so that they enlarge the air-fuel ratio of gaseous mixture. This is the effectiveness by flame temperature falling because the air-fuel ratio became large. Moreover, a hydrocarbon and a carbon monoxide are produced by making it burn, after oxygen has all run short to a fuel. Therefore, if the air-fuel ratio of gaseous mixture is enlarged and the air content over a fuel is made [ many ], the discharge of a hydrocarbon and a carbon monoxide can also be decreased theoretically. But the phenomenon in which it is not supplemented with a fuel with the lubricating oil film of a combustion chamber, or combustion is not completed in fact may occur, and discharges, such as a hydrocarbon, may increase on the contrary. However, even in such a case, if the air-fuel ratio of gaseous mixture is small, with the catalyst 26 prepared in the flueway 16, a hydrocarbon, a carbon monoxide, etc. can be purified efficiently and can decrease in number sharply also about these discharges after all.

[0086]

"An increment in the specific heat" which is the 3rd factor which finally shows the property excellent in the premixing compression autohesion fire combustion system is explained. This factor is also closely related to burning thin gaseous mixture. Since sufficient oxygen does not exist to a fuel when burning an enriched mixture, a reaction will stop at the condition of a carbon monoxide or hydrogen, without a fuel oxidizing to the condition of a carbon dioxide or water. On the other hand, in a premixing compression autohesion fire combustion system, since thin gaseous mixture is burned, a fuel oxidizes to the condition of a carbon dioxide and a steam. A carbon monoxide and a hydrogen content child are diatomic molecules which two atoms gathered here to a carbon dioxide and a steam being the triatomic molecules which three atoms gathered and were formed, and were formed. According to the place which statistical thermodynamics teaches, the value of a triatomic molecule of the specific heat is larger than a diatomic molecule, therefore a triatomic molecule can say that temperature cannot rise easily. Since thin gaseous mixture is burned in a premixing compression autohesion fire combustion system from this, only in a part with the high rate of the carbon dioxide which is a triatomic molecule, or a steam, the specific heat becomes large. Consequently, flame temperature is controlled and the discharge of nitrogen oxides can be decreased greatly.

[0087]

(3) At the time of heavy load conditions :

In a premixing compression autohesion fire combustion system, since autohesion fire of the gaseous mixture of a combustion chamber is compressed and carried out in this way, if an engine load becomes high, a strong knock will occur (if it is going to output big torque). That is, since big torque is outputted, if the fuel quantity and the air content which are inhaled by the combustion chamber are made to increase, in connection with it, the pressure of the combustion chamber at the time of the completion of inhalation will become high. Since gaseous mixture will be compressed from a high pressure when an intake valve 132 is closed in this condition and a piston is raised, the pressure and temperature of gaseous mixture rise more promptly than the case where an engine load is low, carry out autohesion fire into a compression stroke, and a strong knock generates them. Then, in order to carry out premixing compression autohesion fire combustion, without generating a knock at the time of heavy load conditions, an engine 10 performs the following control on heavy load conditions.

[0088]

Drawing 9 is the explanatory view having shown the timing which drives an intake valve 132, the exhaust air bulb 134, a fuel injection valve 15, the naphthalene injection valve 19, the hydrogen injection valve 14, and an ignition plug 136 in heavy load conditions. The points which have injected hydrogen gas differ greatly to the time of the low loading conditions shown in drawing 7, and others are almost the same. Below, it explains focusing on difference with the time of low loading conditions.

[0089]

An intake valve 132 is opened to the timing to which the piston 144 passed over TDC and descended for a while like the time of low loading conditions also at the time of heavy load conditions. Moreover, a gasoline is injected to the predetermined timing before opening the intake valve 132 after TDC, and after naphthalene opens an intake valve 132, it is injected. In this way, if a fuel (a gasoline and naphthalene) is injected and a piston 144 is dropped, the uniform gaseous mixture of these fuels will be formed in a combustion chamber. In addition, fuel injection timing of a gasoline may be set up after opening an intake valve 132 at the time of heavy load conditions.

[0090]

Here, since gaseous mixture tends to carry out autohession fire of the time of heavy load conditions as mentioned above, in order to avoid that gaseous mixture carries out autohession fire during compression, it is set up so that it may become a value with the bigger air-fuel ratio of gaseous mixture than the time of low loading conditions. Moreover, in this example, naphthalene is added with the gasoline, and while also compressing this, it acts in the direction which controls that gaseous mixture carries out autohession fire. That is, since naphthalene is stable compared with a gasoline and the octane value is high, if naphthalene is added in a gasoline, the knock of gaseous mixture can be controlled.

[0091]

If a piston 144 closes an intake valve 132 to the neighboring timing which passed over BDC and a piston 144 is raised, gaseous mixture will be compressed by the combustion chamber. Although the temperature of gaseous mixture rises with compression, since the air-fuel ratio is set as the big value, it does not result in autohession fire only by compressing at a piston 144. It acts in the direction in which that naphthalene is added also controls autohession fire. And a small amount of hydrogen gas is injected from the hydrogen injection valve 14 to a combustion chamber to the predetermined timing in front of TDC. Hydrogen gas forms gaseous mixture around an ignition plug 136, mixing with the gaseous mixture already formed in the combustion chamber. Rather than the gaseous mixture by which only the part by which hydrogen gas is added occupies the field of the remainder of a combustion chamber, as for this gaseous mixture, the air-fuel ratio is small. Subsequently, the gaseous mixture containing hydrogen gas is lit by flying a spark from an ignition plug 136 to the predetermined timing near the TDC. Then, this gaseous mixture burns promptly and compresses the gaseous mixture of the gasoline which is around it, and naphthalene.

[0092]

Drawing 10 shows this situation notionally. The big circle shown all over drawing expresses a combustion chamber notionally, coarse hatching given to the combustion chamber expresses the field in which the gaseous mixture of a gasoline, naphthalene, and air is formed, and fine hatching expresses the field in which the gaseous mixture containing hydrogen gas is formed. Since only the part by which hydrogen gas is added serves as an enriched mixture, if the gaseous mixture containing hydrogen gas is lit with an ignition plug 136, it will burn promptly, and it compresses surrounding gaseous mixture so that a black arrow head shows all over drawing. Although autohession fire of the gaseous mixture of a gasoline is not carried out only by being compressed at a piston, it is further compressed by combustion of gaseous mixture in this way, and results in autohession fire exceeding the ignition point at last. Moreover, when the gaseous mixture containing hydrogen gas burns, the gaseous mixture of the field which attached coarse hatching by drawing 10 will be compressed uniformly, and will carry out [ gaseous mixture ] autohession fire to coincidence mostly so that clearly from raising the pressure of the whole combustion chamber.

[0093]

The asterisk shown near the TDC in drawing 9 shows the timing which flies a spark from an ignition plug 136. The gaseous mixture containing hydrogen gas burns promptly, compresses a surrounding gasoline mixture, and, thereby, makes after ignition result in autohession fire, as explained using drawing 10. That is, if it carries out like this, it will become possible from an ignition plug 136 to control the timing to which autohession fire of the gaseous mixture of a combustion chamber is carried out to the timing which flies a spark.

[0094]

In this way, if gaseous mixture is burned, combustion chamber internal pressure rises and it is going to depress a piston 144. A piston 144 changes and outputs this pressure to power. If the exhaust air bulb 134 is opened, exhaust gas will be discharged from a combustion chamber with a rise of a piston 144 in the neighborhood where a piston 144 reaches BDC. At the time of heavy load conditions, like the time of low loading conditions, a piston 144 is closing, before reaching at TDC, confines a part of exhaust gas in a combustion chamber, and the exhaust air bulb 134 makes autohession fire of gaseous mixture easy.

[0095]

Drawing 11 is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohession fire of the gaseous mixture, and it was burned in heavy load conditions. Drawing 11 (a) injects a gasoline during descent of a piston 144, and shows notionally signs that open an intake valve 132 and air is inhaled after that. Naphthalene also flows into a combustion chamber with air like the time of low loading conditions. The arrow head of the fine hatching and the continuous line which were shown all over drawing also in drawing 11 expresses the flow of gasoline spraying injected from the fuel injection valve 15, respectively, and the air which flows from an intake valve 132 like drawing 8 showing the situation at the time of low loading conditions.

[0096]

Drawing 11 (b) is the predetermined timing before a piston 144 reaches TDC, and expresses notionally signs that hydrogen gas is injected from the hydrogen injection valve 14 to the combustion chamber. In this example, hydrogen gas is injected toward the top face of a piston 144. Since the crevice 143 is established in the location which counters an ignition plug 136 as mentioned above using drawing 2, as the hydrogen gas injected from the hydrogen injection valve 14 is led to this crevice 143, it forms gaseous mixture in the top face of a piston near the ignition plug 136. For this reason, if a piston 144 flies a spark from an ignition plug 136 to the neighboring predetermined timing which reaches TDC, the gaseous mixture containing hydrogen gas can be lit certainly.

[0097]

Drawing 11 (c) shows notionally signs that the gaseous mixture containing hydrogen gas is lit, by flying a spark from an ignition plug 136 in the neighborhood where the piston 144 reached TDC mostly. If the gaseous mixture which contained hydrogen gas in this way is lit as mentioned above using drawing 10, the gaseous mixture of the gasoline which is around it, and naphthalene can be compressed, and autohession fire can be carried out almost all at once. In drawing 11 (c), two or more small asterisks shown in the combustion chamber express notionally signs that the gaseous mixture of a gasoline and naphthalene is carrying out autohession fire all at once.

[0098]

Thus, the engine 10 of this example carries out autohession fire of the thin gaseous mixture formed in the combustion chamber only by compression with a piston by forming in a combustion chamber the thin gaseous mixture which does not carry out autohession fire, lighting the fuel injected to the predetermined timing in the second half of a compression stroke, and using the pressure buildup by this at the time of heavy load conditions. If it carries out like this, since the gaseous mixture of a combustion chamber can control the timing which carries out autohession fire by timing which flies a spark from an ignition plug 136, it becomes possible to realize premixing compression autohession fire combustion, without generating a knock also in heavy load conditions.

[0099]

Of course, the fuel lit with an ignition plug 136 can obtain the following various merits by using hydrogen gas at this example, although it is also possible to use a gasoline.

[0100]

first, the gaseous mixture which hydrogen gas is one with a high (it is hard to carry out autohession fire) octane value compared with a

gasoline, and became an elevated temperature near a compression top dead center -- even if it injects to inside, autohesion fire is not carried out simply. Therefore, the timing to which the gaseous mixture of hydrogen gas starts combustion can control certainly the timing in which can make the timing always lit with the ignition plug 136, consequently the gaseous mixture of a gasoline carries out compression autohesion fire.

[0101]

Moreover, as mentioned above, in order to light with an ignition plug 136, the air-fuel ratio of gaseous mixture needs to be in the predetermined ignition range. Therefore, if a spark is flown, gaseous mixture will usually necessarily never light. For example, since the fuel spray is not yet being mixed with surrounding air, even if an air-fuel ratio is too small immediately after injecting a fuel and it flies a spark, it cannot light gaseous mixture. But since the fuel spray is spread in air and an air-fuel ratio becomes large too much after too much long time amount passes after injection, it cannot light too. For this reason, while the injected fuel spray is spread around, a combustion chamber is gone on, and it is necessary to inject a fuel so that an air-fuel ratio may go into the ignition range to the timing which reaches near the ignition plug 136 exactly. On the other hand, hydrogen gas can be certainly lit, even when the relation between the rate which the injected hydrogen gas diffuses around, and the rate which advances a combustion chamber has shifted somewhat, since the ignition range is very wide compared with a gasoline etc. Consequently, it becomes possible to carry out autohesion fire certainly to the timing of a request of the gaseous mixture of a gasoline.

[0102]

Furthermore, the gaseous mixture of hydrogen gas is equipped also with the features that ignition-delay time amount is short compared with the gaseous mixture of a gasoline. Ignition-delay time amount means the following properties of appearing in case gaseous mixture is lit. Usually, the following processes are stepped on, when flying a spark and lighting gaseous mixture. First, gaseous mixture -- the charcoal called a flame nucleus is formed in inside by flying a spark. The intermediate product with high activity is generated inside the flame nucleus, and the reaction which this intermediate product reacts with the molecule of a fuel, and generates a new intermediate product advances. In this way, if the intermediate product of extent which is the interior of a flame nucleus is accumulated, exothermic reaction is started and a flame occurs, and it burns with surrounding gaseous mixture and spreads. Thus, when lighting gaseous mixture, in between [ after flying a spark until a flame begins to spread around ], the time lag exists, and this time delay is called ignition-delay time amount. Ignition-delay time amount changes with classes of fuel so that clearly also from it being related to the ease of carrying out of are recording of an intermediate product. Moreover, even if it is the gaseous mixture of the same fuel, in ignition-delay time amount, dispersion occurs by the difference among few conditions.

[0103]

Shortly after ignition-delay time amount of hydrogen gas is very short compared with a gasoline and flying a spark, the flame spreads around. Thus, even if some dispersion exists, after flying a spark with an ignition plug 136, dispersion in the timing to which a flame begins to spread is very slight, since ignition-delay time amount is short. For this reason, it becomes possible to control correctly the timing to which autohesion fire of the gaseous mixture of a gasoline is carried out by making into the gaseous mixture containing hydrogen gas gaseous mixture which flies a spark and lights it with an ignition plug.

[0104]

(4) At the time of a pole heavy load and quantity rotation conditions :

The contents of the combustion control at the time of pole heavy load conditions or high rotation conditions are explained to the last. Drawing 12 is the explanatory view having shown the drive timing of an intake valve 132, the exhaust air bulb 134, a fuel injection valve 15, the naphthalene injection valve 19, and an ignition plug 136 in a pole heavy load and quantity rotation conditions. Although a strong resemblance to the time of the super-low load conditions mentioned above is born at the time of a pole heavy load and quantity rotation conditions, in the time of a pole heavy load and quantity rotation conditions, the parts which have not injected hydrogen gas differ greatly. Below, this difference is briefly explained as a core.

[0105]

An intake valve 132 inhales air to a combustion chamber like super-low load conditions by [ of TDC ] opening a few to front timing and dropping a piston 144 at the time of a pole heavy load and quantity rotation conditions. Moreover, the gaseous mixture of a gasoline is formed in a combustion chamber by injecting a gasoline from a fuel injection valve 15 according to inhalation of air. Furthermore, naphthalene is added by injecting naphthalene from the naphthalene injection valve 19 to the predetermined timing after opening an intake valve 132. Subsequently, a piston 144 closes an intake valve 132 to the neighboring predetermined timing which reached BDC, and compresses the gaseous mixture formed in the combustion chamber. And a spark is flown from an ignition plug 136 to the predetermined timing near the TDC, and gaseous mixture is burned.

[0106]

Power is outputted by dropping a piston 144, receiving the pressure by combustion. If the exhaust air bulb 134 is opened in the neighborhood where the piston 144 had fallen mostly, the exhaust gas of a combustion chamber will be discharged with a rise of a piston 144. In this way, if a piston 144 reaches a top dead center, the exhaust air bulb 134 will be closed, an intake valve 132 will be opened again, and it will return to a charging stroke.

[0107]

With the engine 10 of this example, the control system is changed according to the map shown in drawing 4 . And as explained above, low loading conditions and heavy load conditions have realized improvement in fuel consumption effectiveness, and discharge reduction of an atmospheric pollutant to coincidence by carrying out premixing compression autohesion fire combustion. Moreover, jump-spark-ignition combustion to which premixing compression autohesion fire combustion flies and lights a spark on difficult super-low load conditions at gaseous mixture is performed. adding hydrogen gas to gaseous mixture with the engine 10 of this example at this time -- a pole -- combustion of thin gaseous mixture was enabled and this has realized improvement in fuel consumption effectiveness, and discharge reduction of an atmospheric pollutant also in super-low load conditions. Moreover, since the usual jump-spark-ignition combustion is performed on a pole heavy load and quantity rotation conditions, it is possible to output power big enough.

[0108]

Of course, it is necessary to supply to an engine the hydrogen gas used on super-low load conditions or heavy load conditions by a certain approach. filling up the high pressure tank with such hydrogen gas, and having supplied from the high pressure tank -- if -- the problem on the loading tooth space of a tank, or insurance -- the room of amelioration is further needed at various points, such as a supplement of hydrogen gas. However, in this example, as explained using drawing 1 , using the hydrogen gas generator 200, an organic hydrate is decomposed and hydrogen gas is generated. For this reason, it is possible for points, such as a problem on a loading tooth space or insurance and a supplement of a raw material, to be improved, and to constitute the high engine system of practicality. Below, this reason is explained.

[0109]



First, the hydrogen gas generator 200 of this example decomposes an organic hydrate, and is generating hydrogen gas. If it carries out like this, since a lot of hydrogen gas can be generated from the organic hydrate of few volume, the whole equipment can be miniaturized. For example, it is one mol when a decalin is used as an organic hydrate. A decalin to five mols Hydrogen occurs. And a decalin can generate very a lot of hydrogen gas from very a small amount of decalin from being a liquid to hydrogen gas being a gas. For this reason, the hydrogen gas generator 200 of this example can miniaturize equipment compared with the approach of filling up a high pressure tank with hydrogen gas, and does not need the big tooth space for loading.

[0110]

Moreover, to decompose an organic hydrate and to generate hydrogen gas, then hydrogen gas can be used as a system safe for whether you are Haruka compared with the case where a high pressure tank is filled up. That is, when a high pressure tank is filled up with hydrogen gas, risk of hydrogen gas beginning to leak hangs around. For example, if slack occurs into the connection part of piping under the effect of vibration of an engine etc., gas leakage will arise from there. Especially hydrogen gas has a small molecule and has a possibility that having loosened slightly may also be connected with gas leakage. As mentioned above, it is dangerous if such gas leakage produces hydrogen gas, since the ignition range is wide.

[0111]

On the other hand, when decomposing an organic hydrate like this example and generating hydrogen gas, the part which serves as high pressure like a high pressure tank does not exist. And though an organic hydrate has a large molecule for whether your being Haruka compared with hydrogen gas and the connection part of piping etc. loosens slightly, this does not necessarily lead to leakage immediately. Even when the metaphor organic hydrate has moreover leaked, hydrogen gas is not necessarily generated immediately. For example, hydrogen gas will not be generated if it is not under an elevated temperature 250 degrees C or more in the case of a decalin. Furthermore, even if it compares and is heated by a certain hot surface, if a catalyst does not exist, hydrogen gas is not generated rapidly. Thus, in this example, since an organic hydrate is decomposed and hydrogen gas is generated, compared with the case where a high pressure tank is filled up with hydrogen gas, safety is improved greatly.

[0112]

Moreover, by the approach of decomposing an organic hydrate and generating hydrogen gas, there is also an advantage that a supplement of a raw material is easy. That is, since an organic hydrate is a liquid, it can divert the social amenities for gasolines (the so-called infrastructure) as it is. For example, although some gas tanks are usually established in the gas station, if the organic hydrate is put into one of tanks [ them ], it will become possible to fill up an organic hydrate in a gas station.

[0113]

Of course, since the by-product other than hydrogen gas arises when an organic hydrate is decomposed and hydrogen gas is generated, processing of this by-product is needed. However, since hydrogen gas is only added at the time of super-low load conditions and heavy load conditions as mentioned above, there are not so many yields of a by-product. Namely, that the hydrogen gas of pole small quantity should just be added at the time of super-low load conditions since there is little fuel consumption itself, since hydrogen gas is only added as charcoal at the time of heavy load conditions, this should just also add the hydrogen gas of few daily doses. Thus, in this example, since there are never many additions of hydrogen gas, its yields of by-products, such as naphthalene, are also few.

[0114]

Moreover, since the by-product produced in case hydrogen gas is generated is a hydrocarbon, it is adding to a gasoline and burning it and it is possible to process this. For example, although naphthalene occurs as a by-product when a decalin is used as an organic hydrate, naphthalene can be burned with a gasoline. In addition, since the octane value is usually higher than a gasoline, if the by-product of organic hydrates, such as naphthalene, is burned with a gasoline, a knock is controlled and it can also improve an engine performance by this. Furthermore, when carrying out premixing compression autohesion fire combustion, it becomes easy to knock so that a load becomes high, as mentioned above, but if by-products, such as naphthalene, are added to the gasoline, it will become possible to control a knock.

[0115]

#### A-4. Modification :

Various kinds of modifications exist in the 1st example mentioned above. Below, these modifications are explained briefly.

[0116]

##### (1) The 1st modification :

The 1st example mentioned above explained the naphthalene injection valve 19 as what is prepared in the inhalation-of-air path 12. On the other hand, as shown in drawing 13, it is good also as injecting naphthalene directly into a combustion chamber from the naphthalene injection valve 19. Naphthalene has the property which will be solidified if temperature falls, in order to avoid solidification, the naphthalene heater 218 is used and naphthalene is warmed (refer to drawing 1). However, if naphthalene is injected directly into a combustion chamber, there is an advantage that there is no possibility of naphthalene being cooled, solidifying in the inhalation-of-air path 12, and depositing on the upstream of an intake valve 132.

[0117]

But since it can inject by the low pressure compared with the case where it injects to a combustion chamber when injecting naphthalene in the inhalation-of-air path 12, the advantage that an injection system can be considered as a simple configuration is acquired.

[0118]

##### (2) The 2nd modification :

In the various examples mentioned above, by injecting and burning naphthalene from the naphthalene injection valve 19 in the inhalation-of-air path 12 or a combustion chamber explained as what processes naphthalene. However, it is good also as melting naphthalene to a gasoline. For example, as shown in drawing 14, it is good also as supplying predetermined daily dose [ every ] naphthalene to the gas tank 220 in which the gasoline is stored. Since it can inject like [ since naphthalene melts into a gasoline / if this gasoline is fed to a fuel injection valve 15 with a fuel pump 222 ] the case where the usual gasoline is injected, naphthalene can be processed simple.

[0119]

Or it is good also as forming separately the tank for melting naphthalene rather than supplying direct naphthalene and melting it to a gas tank 220. Drawing 15 is an explanatory view which illustrates the configuration which has a tank for melting such naphthalene. The gasoline in a gas tank 220 is pumped up with a pump 224, the tank 226 for mixing is supplied, and naphthalene is supplied to this tank 226 for mixing, and is melted by the gasoline. A fuel pump 222 feeds the gasoline into which naphthalene melted to a fuel injection valve 15. If a gasoline is fed by the fuel injection valve 15 from a fuel pump 222, the gasoline of the part will be pumped up from a gas tank 220, and will be filled up. Moreover, naphthalene is supplied only for the daily dose corresponding to the gasoline filled up in this way to the tank 226 for mixing.

[0120]

Since the amount of gasolines of the tank 226 for mixing is kept constant even when carrying out like this, and a gasoline is filled up and the amount of gasolines in a gas tank 220 is changed sharply, it is possible to be able to keep constant the concentration of the naphthalene which is dissolving in the gasoline, consequently to stabilize the combustion condition of gaseous mixture.

[0121]

B. The 2nd example :

In the 1st example mentioned above, the gaseous mixture containing hydrogen gas is lit by flying a spark from an ignition plug 136. However, since hydrogen gas has the property to be easy to carry out heat surface ignition, this property can be used and gaseous mixture can also be burned as follows.

[0122]

Drawing 16 is the sectional view showing the structure of the engine 100 as the 2nd example. It differs greatly in that the glow plug 138 is formed instead of the ignition plug 136 to the 1st example mentioned above. A glow plug 138 is a kind of ceramic heater, and can heat the front face for the point formed with the ceramics to an elevated temperature by supplying power.

[0123]

In the 1st example, as mentioned above using drawing 11, the time the hydrogen gas which injected and injected hydrogen gas towards the crevice 143 formed in the piston-top surface reached near the ignition plug 136 was chosen at its own discretion, and the spark was flown and was lit. On the other hand, in the 2nd example, as the glow plug 138 is heated beforehand and it is shown in drawing 16, hydrogen gas is injected directly toward a glow plug 138 from the hydrogen injection valve 14. It is easy to carry out heat surface ignition of the hydrogen gas, and since the ignition range is wide as moreover mentioned above, it can be made to light easily by making the heating front face at the tip of a glow plug 138 contact.

[0124]

Since the hydrogen gas injected in the 2nd example to having flown the spark from the ignition plug to suitable timing according to the timing which injected hydrogen gas in the 1st example will be lit if it contacts at the tip of a glow plug 138, it becomes possible to be able to make it light certainly, as a result to burn gaseous mixture of it certainly.

[0125]

Or it is good also as carrying out heat surface ignition of the hydrogen gas by replacing with a glow plug 138, embedding the accumulation member at the top face of a piston, and using the front face of this accumulation member as a heating front face.

Drawing 17 is the sectional view showing the structure of the engine 100 of such a modification.

[0126]

In the modification, a part of piston-top surface is formed of the accumulation member 150. In this modification, this accumulation member 150 is formed in the piston 144 with the \*\*\*\*\* rare \*\* titanium alloy. In the engine 10 of such a modification, hydrogen gas is injected toward the accumulation member 150 of a piston-top surface from the hydrogen injection valve 14 instead of flying a spark with an ignition plug 136 at the time of heavy load conditions. Since the accumulation member 150 is exposed to the gaseous mixture which burns in a combustion chamber, it stores heat of combustion and has become an elevated temperature. Therefore, if hydrogen gas is injected toward this accumulation member 150, hydrogen gas can carry out heat surface ignition, and compression autohesion fire of the gaseous mixture of a combustion chamber can be carried out.

[0127]

Also in the engine 10 of such a modification, if hydrogen gas is turned to the accumulation member 150 and injected, since hydrogen gas can be lit certainly [ always ], it becomes possible to carry out compression autohesion fire of the gaseous mixture of a gasoline and naphthalene certainly.

[0128]

As mentioned above, although various kinds of examples have been explained, this invention is not restricted to the example of all above, and can be carried out in various modes in the range which does not deviate from the summary.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view having shown notionally the structure of the engine which applied the premixing compression autohesion fire combustion system.

[Drawing 2] It is the explanatory view showing the structure of the combustion chamber of an engine notionally in the 1st example.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows the flow of an engine operation control routine.

[Drawing 4] It is the explanatory view having shown notionally signs that the engine suitable control approach was set up, according to the combination of an engine speed and a target output torque.

[Drawing 5] It is the explanatory view having shown notionally signs that each map was memorized, according to various kinds of service conditions.

[Drawing 6] In super-low load conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 7] In low loading conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, and valve timing.

[Drawing 8] It is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and it was burned in low loading conditions.

[Drawing 9] In heavy load conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 10] It is the explanatory view having shown notionally signs that the gaseous mixture containing hydrogen gas burned and surrounding gaseous mixture was compressed.

[Drawing 11] It is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and it was burned in heavy load conditions.

[Drawing 12] In a pole heavy load and quantity rotation conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 13] It is the sectional view having shown notionally the structure of the engine in the 1st modification of the 1st example.

[Drawing 14] In the 2nd modification of the 1st example, it is the explanatory view having shown notionally the structure for adding naphthalene to a gas tank.

[Drawing 15] In the 2nd modification of the 1st example, it is the explanatory view having shown notionally the structure for mixing naphthalene to a gasoline using the tank for mixing.

[Drawing 16] It is the explanatory view showing notionally the structure of the combustion chamber of the engine in the 2nd example.

[Drawing 17] It is the explanatory view showing notionally the structure of the combustion chamber of the engine in the modification



of the 2nd example.

[Description of Notations]

10 -- Engine  
12 -- Inhalation-of-air path  
14 -- Hydrogen injection valve  
15 -- Fuel injection valve  
16 -- Flueway  
19 -- Naphthalene injection valve  
20 -- Air cleaner  
22 -- Throttle valve  
24 -- Electric actuator  
26 -- Catalyst  
30 -- ECU  
32 -- Crank angle sensor  
34 -- Accelerator opening sensor  
100 -- Engine  
130 -- Cylinder head  
132 -- Intake valve  
134 -- Exhaust air bulb  
136 -- Ignition plug  
138 -- Glow plug  
140 -- Cylinder block  
142 -- Cylinder  
143 -- Crevice  
144 -- Piston  
146 -- Connecting rod  
148 -- Crankshaft  
150 -- Accumulation member  
162,164 -- Electric actuator  
200 -- Hydrogen gas generator  
202 -- Raw material tank  
204 -- Raw material pump  
206 -- Dehydrogenation machine  
208 -- Catalyst heater  
210 -- Hydrogen separation container  
212 -- Hydrogen tank  
214 -- Naphthalene tank  
216 -- Pressure sensor  
218 -- Naphthalene heater  
220 -- Gas tank  
222 -- Fuel pump  
224 -- Pump  
226 -- Tank for mixing

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view having shown notionally the structure of the engine which applied the premixing compression autohesion fire combustion system.

[Drawing 2] It is the explanatory view showing the structure of the combustion chamber of an engine notionally in the 1st example.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows the flow of an engine operation control routine.

[Drawing 4] It is the explanatory view having shown notionally signs that the engine suitable control approach was set up, according to the combination of an engine speed and a target output torque.

[Drawing 5] It is the explanatory view having shown notionally signs that each map was memorized, according to various kinds of service conditions.

[Drawing 6] In super-low load conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 7] In low loading conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, and valve timing.

[Drawing 8] It is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and it was burned in low loading conditions.

[Drawing 9] In heavy load conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 10] It is the explanatory view having shown notionally signs that the gaseous mixture containing hydrogen gas burned and surrounding gaseous mixture was compressed.

[Drawing 11] It is the explanatory view having shown notionally signs that carried out compression autohesion fire of the gaseous mixture, and it was burned in heavy load conditions.

[Drawing 12] In a pole heavy load and quantity rotation conditions, it is the explanatory view having shown the injection timing of various fuels, valve timing, and ignition timing.

[Drawing 13] It is the sectional view having shown notionally the structure of the engine in the 1st modification of the 1st example.

[Drawing 14] In the 2nd modification of the 1st example, it is the explanatory view having shown notionally the structure for adding naphthalene to a gas tank.

[Drawing 15] In the 2nd modification of the 1st example, it is the explanatory view having shown notionally the structure for mixing naphthalene to a gasoline using the tank for mixing.

[Drawing 16] It is the explanatory view showing notionally the structure of the combustion chamber of the engine in the 2nd example.

[Drawing 17] It is the explanatory view showing notionally the structure of the combustion chamber of the engine in the modification of the 2nd example.

[Description of Notations]

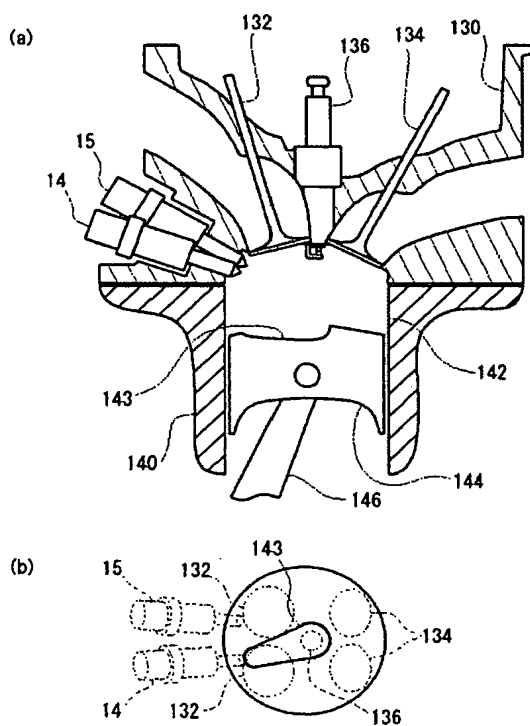
- 10 -- Engine
- 12 -- Inhalation-of-air path
- 14 -- Hydrogen injection valve
- 15 -- Fuel injection valve
- 16 -- Flueway
- 19 -- Naphthalene injection valve
- 20 -- Air cleaner
- 22 -- Throttle valve
- 24 -- Electric actuator
- 26 -- Catalyst
- 30 -- ECU
- 32 -- Crank angle sensor
- 34 -- Accelerator opening sensor
- 100 -- Engine
- 130 -- Cylinder head
- 132 -- Intake valve
- 134 -- Exhaust air bulb
- 136 -- Ignition plug
- 138 -- Glow plug
- 140 -- Cylinder block
- 142 -- Cylinder
- 143 -- Crevice
- 144 -- Piston
- 146 -- Connecting rod
- 148 -- Crankshaft
- 150 -- Accumulation member
- 162,164 -- Electric actuator
- 200 -- Hydrogen gas generator

202 -- Raw material tank  
204 -- Raw material pump  
206 -- Dehydrogenation machine  
208 -- Catalyst heater  
210 -- Hydrogen separation container  
212 -- Hydrogen tank  
214 -- Naphthalene tank  
216 -- Pressure sensor  
218 -- Naphthalene heater  
220 -- Gas tank  
222 -- Fuel pump  
224 -- Pump  
226 -- Tank for mixing

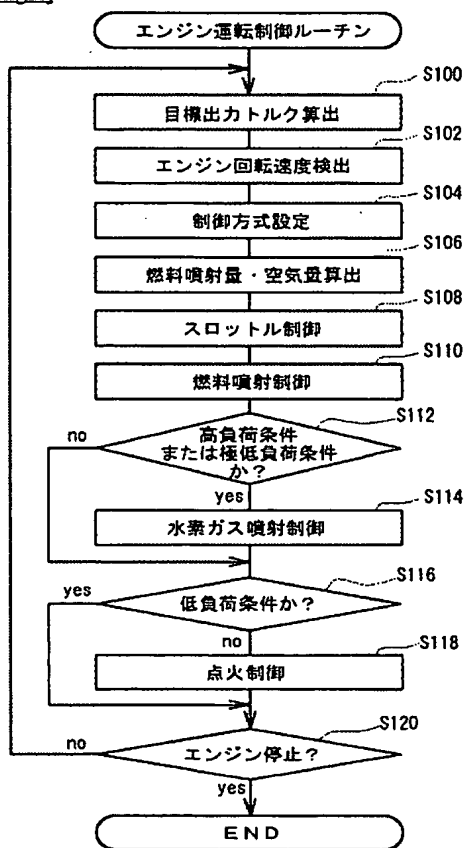
---

[Translation done.]

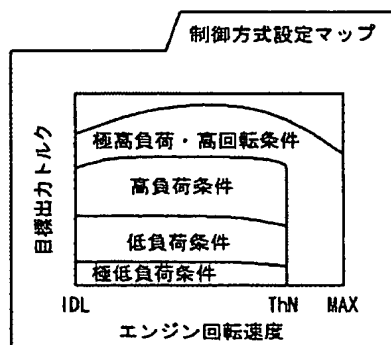




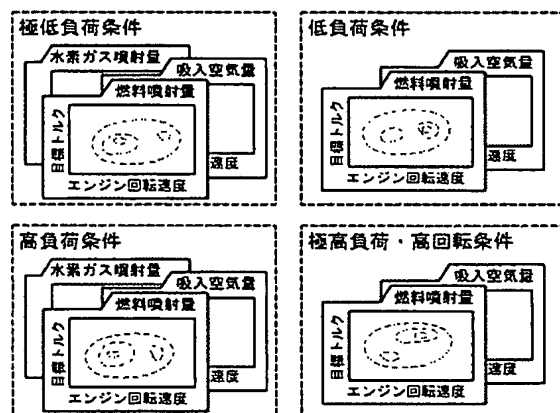
[Drawing 3]



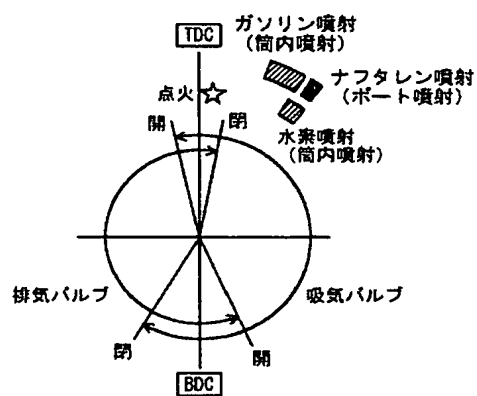
[Drawing 4]



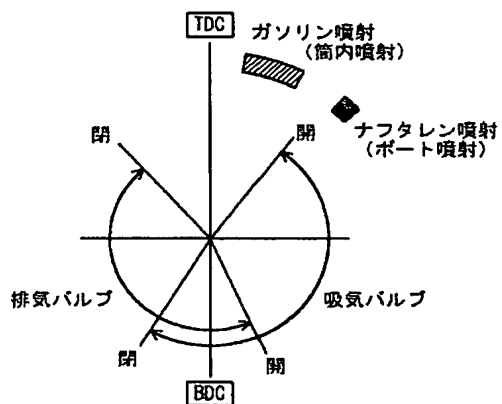
[Drawing 5]

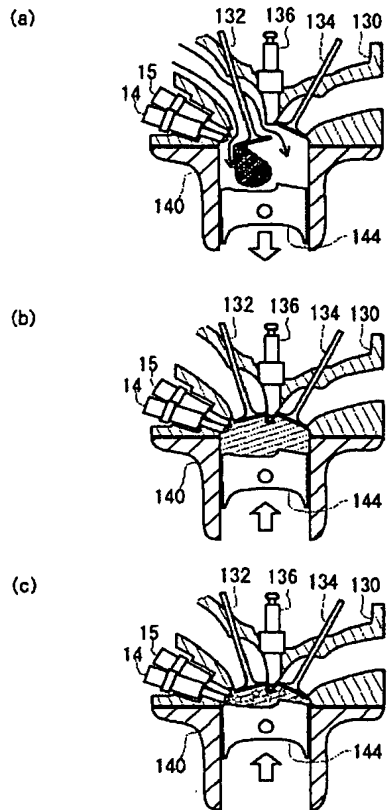


[Drawing 6]

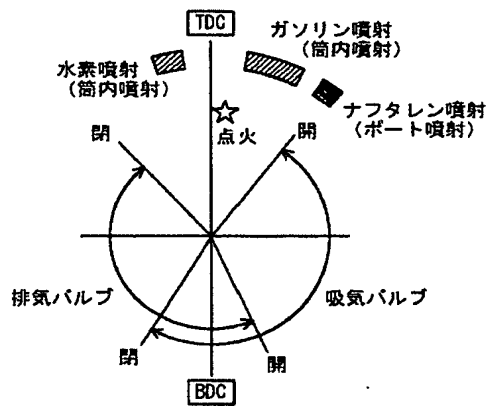


[Drawing 7]

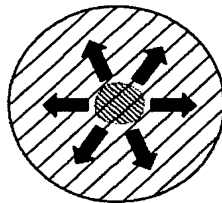


[Drawing 8][Drawing 9]

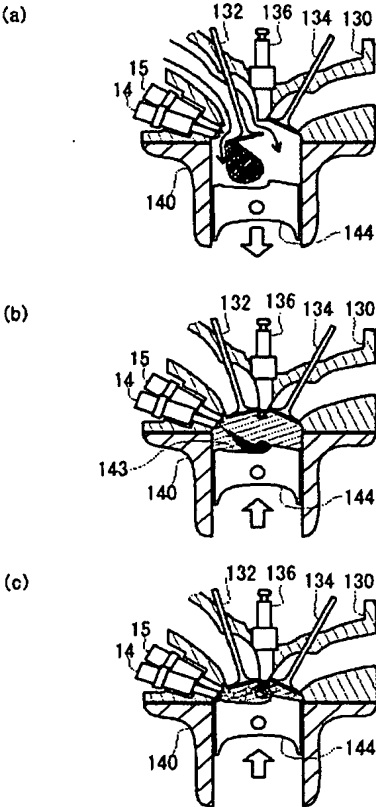




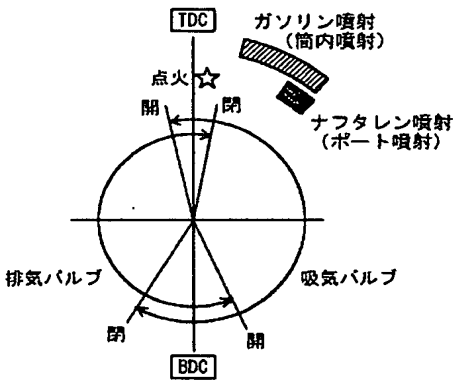
[Drawing 10]



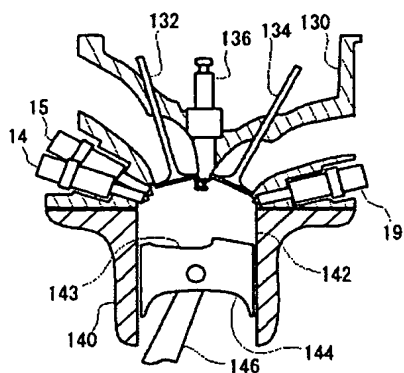
[Drawing 11]



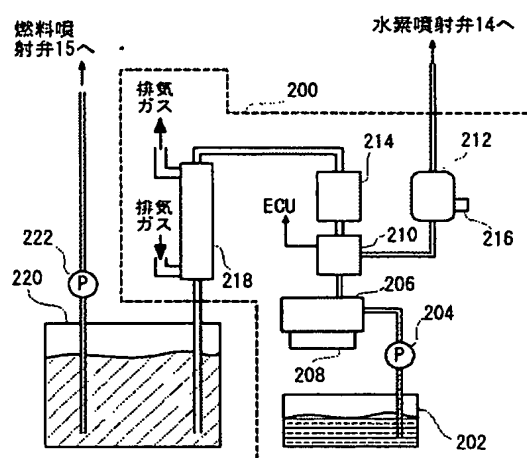
[Drawing 12]



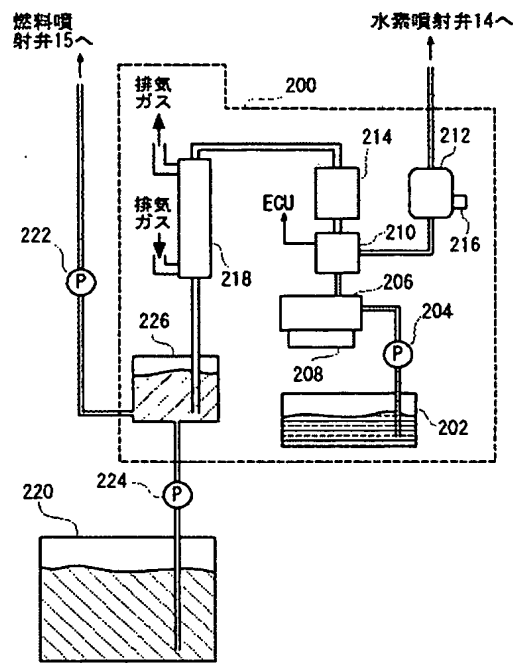
[Drawing 13]



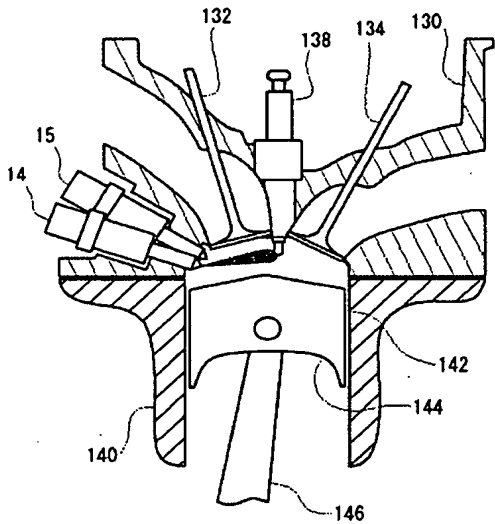
[Drawing 14]



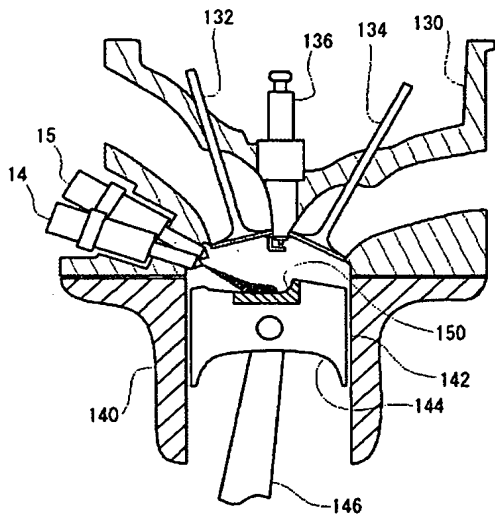
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-100501

(P2004-100501A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F02B 7/02  
 F02B 9/06  
 F02B 11/00  
 F02D 19/08  
 F02D 41/02

F1

F02B 7/02  
 F02B 9/06  
 F02B 11/00 B  
 F02D 19/08 B  
 F02D 41/02 351

テーマコード(参考)

3G023  
 3G084  
 3G092  
 3G301

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-260820(P2002-260820)  
 (22) 出願日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(71) 出願人 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 品川 知広  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 小林 辰夫  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 千葉 史人  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

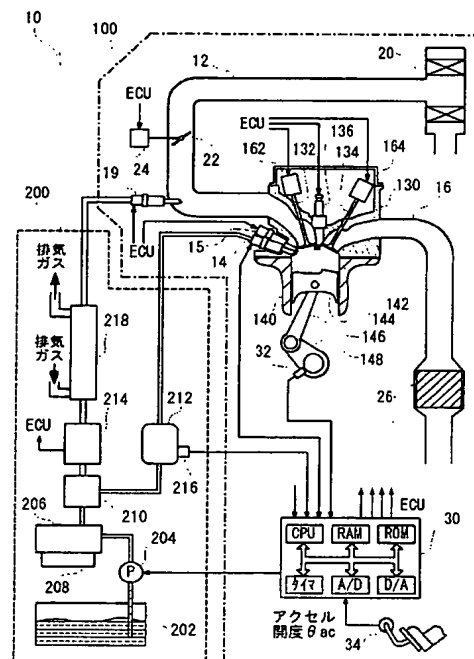
(54) 【発明の名称】 混合気を圧縮自着火させる内燃機関、および内燃機関の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 混合気を予混合圧縮自着火させて運転する内燃機関のノックを確実に回避する。

【解決手段】 燃焼室内で圧縮されるだけでは自着火しない割合でガソリンと空気とが混合した第1の混合気を、該燃焼室内に形成する。次いで、水素ガスを該燃焼室内の一部の領域に噴射することにより、第2の混合気を形成する。水素ガスは有機ハイドレートを分解して発生させる。こうして形成した第2の混合気に点火することにより、該第2の混合気を燃焼させて該第1の混合気を圧縮自着火させる。水素ガスはオクタン価が高いので、点火前に自着火することはない、第1の混合気の自着火時期を確実に制御して、ノックの発生を回避することができる。また、有機ハイドレートを分解すれば少量の原料から多量の水素を発生させることができるので、実用的なシステムを構成することができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃料と空気との混合気を燃焼室内で圧縮し、該圧縮した混合気を燃焼させて動力を出力する内燃機関であって、

前記燃焼室内で前記混合気を圧縮する混合気圧縮機構と、

前記燃焼室内に前記燃料としてガソリンを噴射することにより、該ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮では自着火しない割合で混合した第 1 の混合気を、該燃焼室内に形成する第 1 の混合気形成手段と、

有機ハイドレートを分解することによって水素ガスを発生させる水素ガス発生手段と、

前記発生させた水素ガスを前記燃焼室内に噴射することにより、該水素ガスと空気とが混合した第 2 の混合気を該燃焼室内の一部の領域に形成する第 2 の混合気形成手段と、

前記第 2 の混合気を燃焼させて前記第 1 の混合気を圧縮し自着火に至らしめるべく、該第 2 の混合気に点火する点火手段と

を備える内燃機関。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の内燃機関であって、

前記水素ガス発生手段は、有機ハイドレートとしてデカリンを分解することにより水素ガスを発生させる手段である内燃機関。

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の内燃機関であって、

前記水素ガス発生手段は、加熱条件の下でデカリンと触媒とを接触させることにより水素ガスを発生させる手段である内燃機関。

## 【請求項 4】

請求項 2 記載の内燃機関であって、

デカリンの分解に伴って生成するナフタレンを前記第 1 の混合気に添加するナフタレン添加手段を備える内燃機関。

## 【請求項 5】

請求項 4 記載の内燃機関であって、

前記ナフタレン添加手段は、前記生成したナフタレンを前記燃焼室内に直接噴射することによって、前記第 1 の混合気に添加する手段である内燃機関。

## 【請求項 6】

請求項 4 記載の内燃機関であって、

前記ナフタレン添加手段は、前記生成したナフタレンを前記燃焼室に流入する前の空気に向けて噴射し、該空気とともに該燃焼室に供給することによって、前記第 1 の混合気に添加する手段である内燃機関。

## 【請求項 7】

請求項 4 記載の内燃機関であって、

前記燃焼室内に噴射されるガソリンを蓄えておくガソリン容器を備え、

前記ナフタレン添加手段は、前記生成したナフタレンを前記ガソリン容器内に供給することによって、前記第 1 の混合気に添加する手段である内燃機関。

## 【請求項 8】

請求項 4 ないし請求項 7 のいずれかに記載の内燃機関であって、

前記生成したナフタレンを添加するための通路の少なくとも一部に、該ナフタレンの加熱手段を備えている内燃機関。

## 【請求項 9】

請求項 1 記載の内燃機関であって、

前記有機ハイドレートの分解に伴って発生する炭化水素系化合物を前記第 1 の混合気に添加する炭化水素化合物添加手段を備える内燃機関。

## 【請求項 10】

請求項 1 または請求項 2 記載の内燃機関であって、



前記水素ガス発生手段は、

前記燃焼室内に噴射される水素ガスを蓄えておく水素容器と、

前記水素容器内の圧力を検出する検出手段と、

前記有機ハイドレートの分解量を、前記検出した圧力に基づいて制御するハイドレート分解量制御手段と

を備えている内燃機関。

【請求項 1 1】

請求項 1 または請求項 2 記載の内燃機関であって、

前記内燃機関が発生させるべき要求トルクを検出する要求トルク検出手段を備え、

前記第 1 の混合気形成手段は、前記検出した要求トルクが所定の第 1 の閾値よりも小さい場合には、ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮で自着火する割合で混合した第 3 の混合気を、前記燃焼室内に形成する手段であり、

前記第 2 の混合気形成手段および前記点火手段は、前記検出した要求トルクが前記第 1 の閾値よりも小さい場合には、それぞれの動作を休止する手段である内燃機関。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の内燃機関であって、

前記第 1 の混合気形成手段は、前記検出した要求トルクが、前記第 1 の閾値よりも小さい所定の第 2 の閾値に満たない場合には、前記第 1 の混合気よりもガソリン濃度の高い混合気を、前記燃焼室内に形成する手段であり、

前記第 2 の混合気形成手段は、前記検出した要求トルクが前記第 2 の閾値に満たない場合には、前記発生させた水素ガスを前記燃焼室内に噴射することにより、ガソリンと水素ガスと空気との混合気を形成する手段であり、

前記点火手段は、前記検出した要求トルクが前記第 2 の閾値に満たない場合には、前記ガソリンと水素ガスと空気との混合気に点火する手段である内燃機関。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 または請求項 1 2 記載の内燃機関であって、

前記第 1 の混合気形成手段は、前記検出した要求トルクが、前記第 1 の閾値よりも大きい所定の第 3 の閾値を超える場合には、ガソリンと空気とが理論混合比で混合した理論混合気を、前記燃焼室内に形成する手段であり、

前記第 2 の混合気形成手段は、前記検出した要求トルクが前記第 3 の閾値を超える場合には、動作を休止する手段であり、

前記点火手段は、前記検出した要求トルクが前記第 3 の閾値を超える場合には、前記理論混合気に点火する手段である内燃機関。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 ないし請求項 1 3 のいずれかに記載の内燃機関であって、

前記内燃機関の回転速度を検出する回転速度検出手段を備え、

前記第 1 の混合気形成手段は、前記検出した回転速度が、所定の閾値速度よりも大きい場合には、ガソリンと空気とが理論混合比で混合した理論混合気を、前記燃焼室内に形成する手段であり、

前記第 2 の混合気形成手段は、前記検出した回転速度が前記閾値速度を超える場合には、動作を休止する手段であり、

前記点火手段は、前記検出した回転速度が前記閾値速度を超える場合には、前記理論混合気に点火する手段である内燃機関。

【請求項 1 5】

請求項 1 または請求項 2 記載の内燃機関であって、

前記点火手段は、所定温度以上に加熱された加熱表面を備えるとともに、該加熱表面で前記第 2 の混合気を熱面着火させる手段である内燃機関。

【請求項 1 6】

前記加熱表面がグロープラグである請求項 1 5 記載の内燃機関。

【請求項 1 7】

請求項 15 記載の内燃機関であって、

前記混合気圧縮機構は、前記燃焼室内でピストンを上昇させることによって該燃焼室内の混合気を圧縮する機構であり、

前記第 2 の混合気形成手段は、前記発生させた水素ガスを、前記ピストンの頂面に向かって噴射することにより、前記第 2 の混合気を形成する手段であり、

前記点火手段は、前記ピストン頂面に設けられた蓄熱部材である内燃機関。

【請求項 18】

請求項 17 記載の内燃機関であって、

前記ピストンには、前記頂面に凹部が設けられており、

前記第 2 の混合気形成手段は、前記発生させた水素ガスを、前記凹部に向かって噴射する手段であり、

前記点火手段は、前記凹部の少なくとも一部を形成する前記蓄熱部材である内燃機関。

【請求項 19】

燃料と空気との混合気を燃焼室内で混合気圧縮機構により圧縮し、該圧縮した混合気を燃焼させて動力を出力する内燃機関の制御方法であって、

前記燃焼室内に前記燃料としてガソリンを噴射することにより、該ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮では自着火しない割合で混合した第 1 の混合気を、該燃焼室内に形成する第 1 の工程と、

有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させる第 2 の工程と、

前記発生させた水素ガスを前記燃焼室内に噴射することにより、該水素ガスと空気とが混合した第 2 の混合気を該燃焼室内の一部の領域に形成する第 3 の工程と、

前記第 2 の混合気を燃焼させて前記第 1 の混合気を圧縮し自着火に至らしめるべく、該第 2 の混合気に点火する第 4 の工程と

を備える制御方法。

【請求項 20】

請求項 19 記載の制御方法であって、

前記第 2 の工程は、有機ハイドレートとしてデカリンを分解することにより水素ガスを発生させる工程である制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃焼室内で燃料と空気との混合気を圧縮し、自着火させることによって動力を取り出す技術に関し、より詳しくは、混合気の自着火を制御することで、燃焼により生じる大気汚染物質の発生を抑制しつつ、高い効率で動力を取り出す技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

内燃機関は、比較的小型でありながら大きな動力を発生させることができるので、自動車や、船舶、航空機など種々の移動手段の動力源として、あるいは工場などの定置式の動力発生源として広く使用されている。これら内燃機関はいずれも、燃焼室内で燃料を燃焼させ、このときに発生する圧力を、機械的仕事に変換して出力することを動作原理としている。

【0003】

近年では、地球環境を保護するために、内燃機関から排出される大気汚染物質の排出量を低減させることが、強く要請されるようになってきた。また、地球の温暖化要因となる二酸化炭素の排出量を低減する観点から、あるいは内燃機関の運転コストを低減させるために、燃料消費量の更なる低減が強く要請されるようになってきた。

【0004】

これらの要請に応えるべく、混合気を燃焼室内で圧縮自着火させる燃焼方式（本明細書では、この燃焼方式を「予混合圧縮自着火燃焼方式」と呼ぶ）の内燃機関が注目されている。詳細には後述するが、予混合圧縮自着火燃焼方式を採用した内燃機関は、排気ガス中に

10

20

30

40

50

含まれる大気汚染物質の排出量と燃料消費量とを同時に、しかも大幅に低減することが可能である。しかし、かかる燃焼方式は混合気を圧縮自着火させている関係上、内燃機関の運転条件によっては混合気が自着火する時期が早過ぎて圧縮中に自着火し、強いノックが発生することがある。

【0005】

そこで、燃焼室内で燃料濃度が次第に小さくなるような混合気を形成しておき、燃料濃度が大きい側の一部の混合気に点火することで、残余の混合気の自着火時期を制御可能とする技術が提案されている（特許文献1）。かかる技術においては、一部の混合気に点火して燃焼させることで燃焼室内の圧力を上昇させ、これにより残余の混合気を圧縮して自着火させる。ここで、圧縮された混合気が自着火するまでの遅れ時間（自着火遅れ時間）は、燃料濃度が小さくなるほど長くなるので、圧縮された残余の混合気は、一度に自着火することなく、燃料濃度の大きい領域から次々と自着火していく。こうすれば、混合気に点火する時期を制御することで、一連の自着火が開始される時期を制御することができ、ノックの発生を回避することが可能である。

【0006】

【特許文献1】

特開2001-254660号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、実際には、こうした技術を適用した場合でも、混合気の自着火時期を確実に制御してノックの発生を回避することは、必ずしも容易なことではない。何故なら、混合気に点火するためには、燃料が空気と混じり合って混合気を形成していなければならない。従って、燃焼室内に燃料を噴射してから点火するまでの間には、燃料が空気と混じり合うためのある程度の時間を確保しておく必要がある。ところが、内燃機関の運転条件によっては、燃料と空気とが混じり合う間に自着火してしまうことがあり、このような場合は点火前に混合気が自着火してしまうので、点火時期によって自着火時期を制御することはできない。

【0008】

こうした課題を解決するべく、本願の出願人は、燃焼室内に少量の水素ガスを供給することで、混合気の自着火時期を制御する技術を開発して既に出願済みである（特願2002-196291号）。もっとも、かかる技術においては自着火時期の制御は可能となるものの、水素ガスの搭載方法については十分な考慮がされておらず、内燃機関全体としては依然、改良の余地が残されている。すなわち、水素ガスを高圧タンクに充填して搭載したのでは、搭載するために大きなスペースが必要となるだけでなく、ガス漏れなどに対して安全上の観点から十分な配慮を行わなければならない。更に、水素ガスの補充もガソリンのように容易では無いなどの課題が存在し、内燃機関全体として見たときに、実用性の観点から更なる改良が望まれていた。

【0009】

この発明は従来技術における上述した課題を解決するためになされたものであり、予混合圧縮自着火燃焼方式を適用した内燃機関において、混合気の自着火時期を確実に制御可能で、しかも実用的な技術の提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の内燃機関は次の構成を採用した。すなわち、

燃料と空気との混合気を燃焼室内で圧縮し、該圧縮した混合気を燃焼させて動力を出力する内燃機関であって、

前記燃焼室内で前記混合気を圧縮する混合気圧縮機構と、

前記燃焼室内に前記燃料としてガソリンを噴射することにより、該ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮では自着火しない割合で混合した第1の混合気を、該燃焼室

10

20

30

40

50

内に形成する第1の混合気形成手段と、  
有機ハイドレートを分解することによって水素ガスを発生させる水素ガス発生手段と、  
前記発生させた水素ガスを前記燃焼室内に噴射することにより、該水素ガスと空気とが混合した第2の混合気を該燃焼室内の一部の領域に形成する第2の混合気形成手段と、  
前記第2の混合気を燃焼させて前記第1の混合気を圧縮し自着火に至らしめるべく、該第2の混合気に点火する点火手段と  
を備えることを要旨とする。

#### 【0011】

また、上記の内燃機関に対応する本発明の制御方法は、  
燃料と空気との混合気を燃焼室内で混合気圧縮機構を用いて圧縮し、該圧縮した混合気を燃焼させて動力を出力する内燃機関の制御方法であって、  
前記燃焼室内に前記燃料としてガソリンを噴射することにより、該ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮では自着火しない割合で混合した第1の混合気を、該燃焼室内に形成する第1の工程と、  
有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させる第2の工程と、  
前記発生させた水素ガスを前記燃焼室内に噴射することにより、該水素ガスと空気とが混合した第2の混合気を該燃焼室内の一部の領域に形成する第3の工程と、  
前記第2の混合気を燃焼させて前記第1の混合気を圧縮し自着火に至らしめるべく、該第2の混合気に点火する第4の工程と  
を備えることを要旨とする。

#### 【0012】

かかる本発明の内燃機関および内燃機関の制御方法においては、燃焼室内で圧縮されただけでは自着火しない割合でガソリンと空気とが混合した第1の混合気を、該燃焼室内に形成する。次いで、該燃焼室に水素ガスを供給することにより、該燃焼室内の一部の領域に第2の混合気を形成する。水素ガスは有機ハイドレートを分解することによって発生させる。こうして形成した第2の混合気に点火することによって、該燃焼室内の圧力を上昇させ、第1の混合気を圧縮して自着火に至らしめる。

#### 【0013】

第1の混合気は燃焼室内で圧縮されただけでは自着火することではなく、また、水素ガスは、自着火し難い性質を有しているため、燃焼室内で圧縮された混合気中に噴射しても水素ガスが直ちに自着火することはない。その一方で水素ガスは、点火により容易に着火する性質を有しているため、第2の混合気に点火することで燃焼が開始され、かかる燃焼によって第1の混合気を圧縮し自着火に至らしめることができる。こうすれば、第2の混合気に点火する時期を制御することで、第1の混合気を所望の時期に自着火させることができる。その結果、内燃機関がどのような条件で運転されている場合でも、内燃機関をロックさせることなく、混合気を圧縮自着火させながら運転することが可能となる。詳細には後述するが、混合気を圧縮自着火させながら内燃機関を運転した場合、該内燃機関から排出される大気汚染物質の排出量および燃料消費量を同時に且つ大幅に減少可能なことが知られている。従って、こうして内燃機関の運転条件に関わらず混合気を圧縮自着火させながら運転することができれば、大気汚染物質の排出量および燃料消費量をより一層減少させることが可能となって好ましい。

#### 【0014】

更に、燃焼室内に噴射する水素ガスは、有機ハイドレートを分解することにより発生させている。詳細な理由は後述するが、こうして水素ガスを発生させれば、水素ガスを発生させるために大きなスペースを必要とせず、また、ガス漏れなどに対しても安全性が高く、しかも原料の補充も容易であり、従って、内燃機関全体として十分に実用性の高いシステムを構成することが可能となる。加えて、極めて少量の水素ガスを燃焼させただけで、第1の混合気を圧縮して自着火に至らしめることが可能であり、従って燃焼室内に噴射する水素ガスは、着火可能な最小限の分量でよい。このため、水素ガスの原料となる有機ハイドレートも僅かな分量で足りるので、こうした点からも、実用性の高いシステムを構成す

ることができる。

【0015】

こうした内燃機関および制御方法においては、有機ハイドレートとしてデカリン（デカヒドロナフタレン）を用いることとしてもよい。

【0016】

デカリンは液体であり、しかもデカリン1mol から5mol の水素ガスを発生させることができる。すなわち、少量のデカリンから多量の水素ガスを発生させることができるので、水素ガスを発生させるために大きなスペースを要しないので好ましい。また、デカリンを分解して水素ガスを発生させる際に副生成物として生じるナフタレンは、比較的安定で配管類を劣化させることもない。

10

【0017】

デカリンを分解して水素ガスを発生させる際には、加熱条件下でデカリンと触媒とを接触させることとしてもよい。こうすれば、デカリンを速やかに分解して水素ガスを発生させることが可能である。

【0018】

デカリンを分解して水素ガスを発生させると、副生成物としてナフタレンが生じるが、このナフタレンを、前記第1の混合気添加到して、ガソリンとともに燃焼させることとしてもよい。もちろん、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させた場合は、これによって生じた炭化水素系化合物をガソリンとともに燃焼させることとしてもよい。

【0019】

20

水素ガスとともに副生成物として生じるナフタレンなどの炭化水素系の化合物は、ガソリンとともに燃焼させることができる。従って、こうすれば副生成物を処理することができるので好適である。更に、ナフタレンなどのこうした副生成物はガソリンに比べてオクタン価が高いので、ガソリンとともに燃やせば、ノックの発生を抑制して内燃機関の性能を向上させることができるので好適である。

【0020】

水素ガスを発生させる際の副生成物として生じたナフタレンは、燃焼室内に直接噴射することとしてもよい。ナフタレンは温度が低くなると固化する性質があるが、燃焼室内に直接噴射してやれば、ナフタレンを確実に燃焼室内に供給し、前記第1の混合気とともに燃焼させることができるので好ましい。

30

【0021】

あるいはナフタレンを、前記燃焼室に流入する空気中に噴射し、該空気とともに該燃焼室に供給することによって、前記第1の混合気添加到することとしてもよい。空気が燃焼室に流入する前に該空気中にナフタレンを噴射することとすれば、噴射圧力をさほど高めずともナフタレンを噴射することができるので、噴射系を簡素なものとするのが可能である。

【0022】

更には、前記燃焼室内に噴射されるガソリンを蓄えておくガソリン容器に、前記ナフタレンを添加することとしてもよい。ナフタレンはガソリンに溶解するので、こうすればナフタレンをガソリンとともに燃焼室内に噴射することができる。従って、ナフタレンを第1の混合気簡便に添加して燃焼させることが可能となるので好ましい。

40

【0023】

ナフタレンを第1の混合気添加到するこうした方法では、ナフタレンを添加するための通路の少なくとも一部で、該ナフタレンを加熱することとしてもよい。ナフタレンは温度が低くなると固化する性質があるので、こうしてナフタレンを加熱してやれば、ナフタレンの固化を防いで燃焼室に確実に供給することが可能となるので好ましい。

【0024】

燃焼室内に水素ガスを噴射するこうした内燃機関においては、該燃焼室内に噴射される水素ガスを水素容器に蓄えておき、該水素容器内の圧力を検出して、該検出した圧力に基づいて、前記有機ハイドレートの分解量を制御することとしてもよい。

50

## 【 0 0 2 5 】

例えば、水素容器内の圧力が低下した場合は有機ハイドレートの分解量を増やし、逆に水素容器内の圧力が上昇した場合は分解量を減らしてやることで、水素容器内の圧力を一定に保つことができる。こうして圧力を一定に保ってやれば、燃焼室内に安定して水素ガスを噴射することが可能となるので好ましい。

## 【 0 0 2 6 】

あるいはこうした内燃機関においては、該内燃機関が発生させるべき要求トルクを検出し、該検出した要求トルクが所定の第1の閾値よりも小さい場合には、次のようにして混合気を燃焼させても良い。まず、ガソリンと空気とが前記混合気圧縮機構による圧縮で自着火する割合で混合した第3の混合気を、前記燃焼室内に形成する。また、水素ガスの噴射は休止して前記第2の混合気の形成は行わない。これに伴って、該第2の混合気に対する点火も休止する。そして、前記混合気圧縮機構により、前記第3の混合気を圧縮して自着火させることとしてもよい。

## 【 0 0 2 7 】

燃焼室内で混合気を圧縮自着火させる内燃機関では、負荷が低い場合はノックが発生し難いので、前述したように燃焼室内に噴射した水素ガスに点火せずとも、混合気を圧縮することで適切な時期に自着火させることができる。従って、第1の閾値として適切な値を予め設定しておき、要求トルクがかかる第1の閾値より小さい場合に、前記第3の混合気を圧縮して自着火させることとすれば、水素ガスを節約しながら効率よく使用することができるので好適である。

## 【 0 0 2 8 】

こうした内燃機関において、要求トルクが更に小さい場合、すなわち、前記第1の閾値よりも小さな所定の第2の閾値より、該要求トルクが小さい場合には、次のようにして混合気を燃焼させることとしてもよい。すなわち、前記第1の混合気よりもガソリン濃度の高い混合気を前記燃焼室内に形成し、更に水素ガスを噴射することにより、ガソリンと水素ガスと空気との混合気を形成する。こうして形成したガソリンと水素ガスと空気との混合気に点火して燃焼させることとしても良い。

## 【 0 0 2 9 】

負荷が極端に低くなると混合気を圧縮して自着火させ難くなるので、この様な条件では混合気に点火して燃焼させることが好ましい。もっとも、こうした場合は混合気を圧縮自着火させたときのメリット、すなわち燃料消費効率の向上および大気汚染物質の排出量が減少するというメリットは得られなくなってしまう。しかし、水素ガスは着火範囲がたいへんに広いので、混合気に水素ガスを添加することで、燃料濃度の極めて低い混合気を燃焼させることが可能である。従って、混合気に水素ガスを添加して、燃料濃度の極めて低い混合気を燃焼させてやれば、負荷の極端に低い条件においても、燃料消費効率を向上させ、大気汚染物質の排出量を減少させることが可能となるので好適である。

## 【 0 0 3 0 】

あるいはこうした内燃機関においては、検出した要求トルクが大きい場合、すなわち、前記第1の閾値よりも大きな所定の第3の閾値を要求トルクが上回っている場合は、次のようにして混合気を燃焼させることとしても良い。ガソリンと空気とが理論混合比で混合した混合気（理論混合気）を燃焼室内に形成し、この理論混合気に点火して燃焼させる。また、内燃機関の回転速度を検出して、検出した回転速度が所定の閾値速度よりも大きい場合にも、同様に、燃焼室内にガソリンと空気との理論混合気を形成し、この理論混合気に点火して燃焼させることとしても良い。

## 【 0 0 3 1 】

内燃機関に対する要求トルクが大きい場合は、大きな動力を出力しなければならないので、混合気を圧縮して自着火させるよりも理論混合気に点火して燃焼させる方が適している。また、理論混合気は容易に着火し、且つ速やかに燃焼することから、内燃機関を高速回転させるためにも適している。従って、内燃機関に対する要求トルクが大きい場合や回転速度が高い場合には、燃焼室内に理論混合気を形成し、この混合気に点火してやることで

、内燃機関を適切に運転することが可能となる。

【0032】

あるいは、上述した内燃機関の燃焼室内に、所定温度以上に加熱された加熱表面を設けておき、水素ガスを含んだ前記第2の混合気を、この加熱表面で熱面着火させることとしても良い。

【0033】

水素ガスは加熱表面に接触すると容易に熱面着火する性質がある。従って、水素ガスのこの性質を利用すれば、第2の混合気を簡便に且つ確実に着火することが可能となる。

【0034】

こうした加熱表面としてはグロープラグを用いることとしても良い。グロープラグは、いわゆるディーゼルエンジンなど拡散燃焼方式の内燃機関で広く使用されているので、入手が容易であり、しかも十分な信頼性を有している。従って、グロープラグを用いれば、燃焼室内に加熱表面を簡便に且つ確実に設けることができる。

【0035】

あるいは、ピストン表面に蓄熱部材を設けておき、この蓄熱部材の表面を加熱表面として利用することもできる。ピストン表面は、燃焼室内での混合気の燃焼に晒されているので、ピストン表面に蓄熱部材を設けておけば、燃焼熱が蓄熱部材に蓄えられ、簡便に加熱表面を形成することが可能である。

【0036】

更には、前記ピストンの表面に凹部を設けておき、この凹部に向かって水素ガスを噴射することで前記第2の混合気を形成することとして、凹部の少なくとも一部をこの蓄熱部材を用いて形成することとしても良い。

【0037】

こうすれば噴射された水素ガスは凹部に留まるので、第2の混合気を凹部に確実に形成することができるとともに、蓄熱部材に蓄えられた熱で第2の混合気を確実に熱面着火させることができるので好ましい。

【0038】

【発明の実施の形態】

本発明の作用・効果をより明確に説明するために、次の順序に従って、本発明の実施例について説明する。

A. 第1実施例：

A-1. 装置構成：

A-2. エンジン制御の概要：

A-3. 燃焼制御の概要：

A-4. 変形例：

B. 第2実施例：

【0039】

A. 第1実施例：

A-1. 装置構成：

図1は、第1実施例のエンジン10の構造を概念的に示した説明図である。第1実施例のエンジン10は、吸気・圧縮・膨張・排気の4つの行程を繰り返しながら燃焼室内で混合気を燃焼させることによって動力を出力する4サイクル式のエンジンである。図1に示すようにエンジン10は、シリンダヘッド130およびシリンダブロック140などから成るエンジン本体100と、水素ガスを発生させてエンジン本体100に供給する水素ガス発生装置200などから構成されている。尚、エンジン本体100は、その構造を示すために、燃焼室のほぼ中央位置で断面を取った状態を表示している。

【0040】

図示されているように、エンジン本体100の基本構造は、シリンダブロック140の上部にシリンダヘッド130が組み付けられた構造となっている。シリンダブロック140の内部には、円筒形のシリンダ142が設けられており、このシリンダ142の内部をピ

ストン 1 4 4 が上下に摺動する。シリンダ 1 4 2 とピストン 1 4 4 とシリンダヘッド 1 3 0 の下面とで囲まれた空間が燃焼室となる。

【 0 0 4 1 】

ピストン 1 4 4 は、コネクティングロッド 1 4 6 を介してクランクシャフト 1 4 8 に接続されており、ピストン 1 4 4 はクランクシャフト 1 4 8 の回転にともなうシリンダ 1 4 2 内を上下に摺動する。

【 0 0 4 2 】

シリンダヘッド 1 3 0 には、燃焼室に吸入空気を取り入れるための吸気通路 1 2 と、燃焼室内の混合気に点火するための点火プラグ 1 3 6 と、燃焼室内で発生した燃焼ガスを排出するための排気通路 1 6 などが接続されている。また、シリンダヘッド 1 3 0 には、吸気バルブ 1 3 2 と排気バルブ 1 3 4 とが設けられている。吸気バルブ 1 3 2 および排気バルブ 1 3 4 は、それぞれに電動アクチュエータ 1 6 2、1 6 4 によって駆動される。電動アクチュエータ 1 6 2、1 6 4 は、 piezo 素子などの電歪素子を複数積層して構成されており、印加される電圧に応じて極めて高速に変形することにより、吸気バルブ 1 3 2、排気バルブ 1 3 4 を開閉することができる。電動アクチュエータ 1 6 2、1 6 4 は、後述する ECU の制御の下で、印加される電圧に応じて吸気バルブ 1 3 2 および排気バルブ 1 3 4 を駆動することにより、吸気通路 1 2 および排気通路 1 6 を開閉する。

【 0 0 4 3 】

吸気通路 1 2 の上流側にはエアクリーナ 2 0 が設けられており、エアクリーナ 2 0 には空気中の異物を除去するためのフィルタが内蔵されている。エンジンに吸入される空気は、エアクリーナ 2 0 を通過する際にフィルタで異物を除去された後、燃焼室内に吸入される。また、吸気通路 1 2 には、スロットル弁 2 2 が設けられており、電動アクチュエータ 2 4 を駆動してスロットル弁 2 2 を適切な開度に制御することで、燃焼室内に吸入される空気量を制御することができる。

【 0 0 4 4 】

シリンダヘッド 1 3 0 には、燃料噴射弁 1 5 および水素噴射弁 1 4 が設けられている。また、吸気通路 1 2 には、ナフタレン噴射弁 1 9 が設けられている。水素噴射弁 1 4 は、水素ガス発生装置 2 0 0 から水素ガスの供給を受けて燃焼室内に水素ガスを噴射する。燃料噴射弁 1 5 は、図示しない燃料ポンプから圧送されたガソリンを燃焼室内に噴射する。水素ガス発生装置 2 0 0 の詳細については後述する。ナフタレン噴射弁 1 9 は、水素ガス発生装置 2 0 0 が水素ガスを発生させる際に生じる副生成物（本実施例ではナフタレン）を噴射する。こうすることにより、噴射されたナフタレンは、ガソリンとともに燃焼室内で燃焼することになる。

【 0 0 4 5 】

排気通路 1 6 の下流には、排気ガスに含まれる大気汚染物質を浄化するための触媒 2 6 が設けられている。こうして排気通路に触媒 2 6 を設けておけば、排気ガス中に僅かに含まれる大気汚染物質も完全に浄化することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

エンジン本体 1 0 0 の動作は、エンジン制御用ユニット（以下、ECU）3 0 によって制御されている。更に ECU 3 0 は、水素ガス発生装置 2 0 0 の制御も行う。ECU 3 0 は、CPU や、RAM、ROM、A/D 変換素子、D/A 変換素子などをバスで相互に接続して構成された周知のマイクロコンピュータである。ECU 3 0 は、エンジン回転速度  $N_e$  やアクセル開度  $\theta_{ac}$  を検出し、これらに基づいてスロットル弁 2 2 を適切な開度に制御する。エンジン回転速度  $N_e$  は、クランクシャフト 1 4 8 の先端に設けたクランク角センサ 3 2 によって検出することができる。アクセル開度  $\theta_{ac}$  は、アクセルペダルに内蔵されたアクセル開度センサ 3 4 によって検出することができる。ECU 3 0 は、水素噴射弁 1 4 や、燃料噴射弁 1 5、点火プラグ 1 3 6、ナフタレン噴射弁 1 9 などを駆動する制御も行う。

【 0 0 4 7 】

水素ガス発生装置 2 0 0 は、水素ガスの原料となる有機ハイドレートを脱水素反応させる



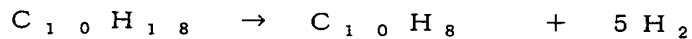
ことによって水素ガスを発生させる。本実施例では、有機ハイドレートとしてデカリン（デカヒドロナフタレン）を用いているが、もちろん、これに限らず、どのような有機ハイドレートも原料として用いることができる。

#### 【0048】

本実施例の水素ガス発生装置200の構造について説明する。水素ガス発生装置200は、有機ハイドレートを蓄える原料タンク202と、原料タンク202から有機ハイドレートを汲み上げる原料ポンプ204と、供給された有機ハイドレートを脱水素反応させる脱水素反応器206と、脱水素反応に使われる触媒を暖める触媒ヒータ208と、脱水素反応器206から排出された水素ガスと脱水素反応の副生成物（本実施例ではナフタレン）とを分離する水素分離容器210と、発生させた水素ガスを蓄えておく水素タンク212と、副生成物のナフタレンを蓄えておくナフタレンタンク214と、ナフタレンタンク214からナフタレン噴射弁19に供給する間にナフタレンが固化してしまうことを避けるため、通路を介してナフタレンを暖めるナフタレンヒータ218などから構成されている。

#### 【0049】

脱水素反応器206では、デカリンを白金触媒と接触させる。こうすればデカリンは、次の反応式に従って水素ガスとナフタレンとに分解する。



ここで白金触媒は、触媒ヒータ208によって250℃以上の温度に保たれており、上式によるデカリンの脱水素反応は速やかに進行する。尚、触媒は、必ずしも白金触媒に限られるものではなく、他の周知の触媒の中から適切なものを選択して用いることも可能である。

#### 【0050】

水素タンク212には圧力センサ216が設けられており、これによって検出されたタンク内圧はECU30に出力される。ナフタレンタンク214には、ポンプなどの加圧機構が内蔵されており、タンク内のナフタレンをナフタレン噴射弁19に向かって圧送する。また、ナフタレンタンク214にもナフタレンの蓄積量を検出するセンサが設けられており、ナフタレンの蓄積量が許容値を超えた場合にはECU30に向かって警報を出力して、タンク内に堆積したナフタレンを取り除くよう促すようになっている。

#### 【0051】

ナフタレンヒータ218は、本実施例では排気ガスの一部を循環させることにより、排熱を有効利用して暖める方式のヒータを採用している。こうすれば、ナフタレンを暖めるためのエネルギーが不要となる。もちろん、電力など他の方法を用いて暖めることとしても良い。電力などを用いてやれば、加熱量をきめ細かく制御することが可能となる。

#### 【0052】

図2は、エンジン本体100の内部に設けられている燃焼室の構造を示す説明図である。図2(a)は燃焼室のほぼ中央位置で断面を取ったときの側断面図である。図示するように、ピストン144の頂面には、水素噴射弁14から噴射された水素ガスを点火プラグ136に導くための凹部143が設けられている。図2(b)は燃焼室の一部を構成するピストン頂面を、上方（すなわちシリンダヘッド130側）から見たピストン144の上面図である。ピストン頂面に設けられた凹部143と、シリンダヘッド130に設けられた水素噴射弁14や点火プラグ136等との位置関係を明確にするために、図2(b)では、水素噴射弁14や、燃料噴射弁15、点火プラグ136、吸気バルブ132、排気バルブ134を細い破線で表示している。図示するように、本実施例では凹部143は水素噴射弁14のほぼ先端付近から、ピストン頂面の点火プラグ136と対向する位置に亘って設けられている。

#### 【0053】

A-2. エンジン制御の概要：

以上のような構成を有するエンジン10は、ECU30の制御の下で、ガソリンを燃焼させて動力を発生する。図3は、ECU30が行うエンジン運転制御ルーチンの流れを示し

たフローチャートである。以下、フローチャートに従って説明する。

【0054】

エンジン制御ルーチンを開始すると、先ず初めにECU30は、エンジン10が発生させるべき目標出力トルクを算出する処理を行う（ステップS100）。目標出力トルクは、アクセル開度センサ34で検出したアクセル開度 $\theta_{ac}$ に基づいて算出する。すなわち、エンジンの操作者は、エンジンの出力トルクを増やしたいと思った場合はアクセルペダルを踏み増す操作を行う。また、エンジンからトルクを発生させる必要がないと考えた場合は、アクセルペダルを全閉状態とする。従って、アクセルペダルの操作量はエンジン操作者が要求しているトルクを代表していると考えることができる。ステップS100では、こうした原理に基づいて、アクセル開度 $\theta_{ac}$ からエンジンが出力すべき目標出力トルクを算出する。

10

【0055】

次いで、ECU30はエンジン回転速度 $N_e$ を検出する（ステップS102）。エンジン回転速度 $N_e$ は、クランク角センサ32の出力に基づいて算出することができる。

【0056】

目標出力トルクおよびエンジン回転速度を検出したら、制御方式を設定する処理を行う（ステップS104）。これは、次のような処理である。混合気の燃焼方式として予混合圧縮自着火燃焼方式を採用した場合は、大気汚染物質の排出量が少なく、燃料消費量も少ないという優れた特性を得ることができるが、エンジンの負荷が高くなるとノックを起こし易くなる。詳細には後述するが、こうした問題を解決するために第1実施例のエンジン10は、エンジンの負荷が高い条件では、圧縮上死点付近のタイミングで燃焼室内に水素ガスを噴射し、水素ガスに点火して燃焼室内の混合気を自着火させることにより、ノックの発生を回避している。また、混合気を圧縮自着火させることが困難となる極低負荷域や、大きな出力が必要となる極高負荷域あるいは高回転域では、更にこれとは異なる燃焼方式を採用している。

20

【0057】

そこで、ステップS104では、エンジンの現在の運転条件が、「極低負荷条件」、「低負荷条件」、「高負荷条件」、「極高負荷・高回転条件」のいずれに該当するかを検出し、それぞれの条件に応じて適切な制御方式を設定する処理を行う。具体的には、ECU30に内蔵されたROMには、エンジン回転速度と目標出力トルクとの組合せに応じて該当する運転条件が、図4に概念的に示すようなマップの形式で予め記憶されている。ステップS104では、かかるマップを参照することにより、それぞれの運転条件に応じた適切な制御方式を設定する。

30

【0058】

制御方式を設定したら、続いて燃焼室内に噴射する燃料量および吸入空気量を算出する処理を行う（ステップS106）。また、極低負荷条件および高負荷条件では、ステップS106において水素ガスの噴射量を算出する処理も行う。これらの燃料噴射量および吸入空気量（必要な場合は水素ガス噴射量）は、「極低負荷条件」、「低負荷条件」、「高負荷条件」、「極高負荷・高回転条件」の各条件毎に用意されているマップを参照することによって算出する。

40

【0059】

図5は、ECU30のROM内に、各条件毎に必要なマップがそれぞれ記憶されている様子を概念的に表した説明図である。極低負荷条件用には、吸入空気量のマップと燃料噴射量のマップと水素ガス噴射量のマップが記憶されている。また、低負荷条件用には吸入空気量のマップと燃料噴射量のマップが、高負荷条件用には吸入空気量のマップと燃料噴射量のマップと水素ガス噴射量のマップが、極高負荷・高速回転条件用には吸入空気量と燃料噴射量のマップが、それぞれ記憶されており、各マップにはそれぞれ、実験的な手法によって求められた適切な値が記憶されている。

【0060】

ここで、予混合圧縮自着火燃焼方式において、図5のマップに示すような吸入空気量およ

50

び燃料噴射量を設定するための基本的な考え方について簡単に説明しておく。予混合圧縮自着火燃焼方式においても、吸入空気量および燃料噴射量を設定するためには、先ず初めに内燃機関に要求されているトルク（要求トルク）を決めてやらなければならない。要求トルクを決めると、この値に応じて、自ずから燃料量はほぼ決まってしまう。すなわち、内燃機関は燃料を燃焼させて燃焼室内の圧力を上昇させ、この圧力をトルクに変換して出力しているので、トルクの発生量と燃料量とはほぼ一対一に対応しており、要求トルクが決まれば、これに応じて必要な燃料量を決めることができる。燃料量を決定したら、次に空気量を決定する。混合気を圧縮して自着火させるためには、空気と燃料とが所定の割合で混合していることが必要である。従って、燃料量を決めると、この燃料と混合すべき空気量は自ずからある範囲内に決まってしまう。そこで、この範囲の中から良好な燃焼状態が得られる空気量を実験的に決定する。ガソリンとともに水素ガスを噴射する場合は、上述したようにして決定した燃料の一部を、水素ガスに置き換えてやる。置き換えに際しては、ガソリンと水素ガスとの発熱量に応じて定まる所定の比率で置き換える。尚、ガソリンを水素ガスに置き換える分量は、できるだけ水素ガスの消費量が少なくなるように、実験的な手法を用いて決定する。

#### 【0061】

また、本実施例ではデカリンと呼ばれる有機ハイドレートを分解することによって水素ガスを発生させており、水素ガスの発生に伴ってナフタリンが副生成物として生成される。このナフタレンの一部は、燃焼室内でガソリンとともに燃料として燃焼させることによって処理される。従って、上述した方法により決定した燃料量は、更に一部がナフタレンに置き換えられる。ナフタレンはガソリンに比べて燃え難いので、ナフタレンの割合をあまり多くしたのでは混合気の燃焼状態に悪影響を与えるおそれがある。そこで、本実施例では、ガソリンに対してナフタレンは、運転条件に関わらず常に同じ比率となるように設定されている。以下では、説明が煩雑となることを避けるために、ガソリンとナフタレンとを合わせて燃料と呼ぶことがあるものとする。尚、ここでは、ガソリンとナフタレンとは常に同じ比率に設定されているものとして説明するが、もちろん、この比率を運転条件に応じて最適化してもよい。

#### 【0062】

図3のステップS106において、以上のようにして設定されたマップを参照しながら吸入空気量および燃料噴射量（必要な場合は、更に水素噴射量）を算出したら、続いて、算出した分量の空気が各燃焼室に吸入されるように、スロットル弁22の開度を制御する処理を行う（ステップS108）。スロットル弁の開度の制御は周知の種々の方法で行うことができる。例えば、吸気通路12に設けたエアフローセンサで吸入空気量を計測し、適切な空気量となるようにスロットル弁22の開度を制御してやればよい。あるいは、エアフローセンサを用いるのではなく、スロットル弁22の下流側の吸気通路内圧力を計測して、吸入空気量を算出してもよい。簡便には、エンジン回転数に応じて適切な空気量が得られるようなスロットル開度を予めマップに設定しておき、このマップを参照してスロットル開度を設定することとしてもよい。

#### 【0063】

ECU30は、スロットル制御に続いて燃料噴射制御を行う（ステップS110）。燃料噴射制御では、ステップS106で算出した燃料噴射量に基づいて燃料噴射弁15およびナフタレン噴射弁19を駆動することにより、ピストン144の動きに合わせて、適切なタイミングで適切な量の燃料を燃焼室内に供給する。燃料噴射制御の詳細については、別図を用いて後述する。

#### 【0064】

燃料噴射制御を行ったらECU30は、現在の運転条件が、高負荷条件あるいは極低負荷条件のいずれかに該当するか否かを判断する（ステップS112）。いずれかの運転条件である場合は（ステップS112：yes）、水素噴射弁14から適切なタイミングで燃焼室内に水素ガスを噴射する制御を行う（ステップS114）。また、いずれの条件にも該当しない場合は（ステップS112：no）、水素ガス噴射制御は行わずに制御をスキ

ップする。

#### 【0065】

次いで、エンジンの運転条件が低負荷条件に該当するか否かを判断する（ステップS116）。そして今度は、低負荷条件に該当していない場合にだけ点火制御を行う（ステップS118）。点火制御とは、点火プラグ136から適切なタイミングで火花を飛ばして、燃焼室内の混合気に点火する制御である。点火時期は、低負荷条件を除いた各条件毎に、エンジン回転速度と要求トルクとに対するマップの形式で予め適切なタイミングが記憶されている。ステップS118においては、ECU30は、このマップを参照することにより、適切なタイミングで点火プラグ136を駆動する処理を行う。また、現在の運転条件が低負荷条件に該当する場合は、ピストンを上昇させて圧縮するだけで混合気を自着火させることができるので、点火プラグから火花を飛ばすための制御はスキップする。

10

#### 【0066】

こうして混合気を燃焼させると、燃焼室内の圧力が急激に上昇してピストン144を下方向に押し下げようとする。この力は、コネクティングロッド146を介してクランクシャフト148に伝えられ、クランクシャフト148でトルクに変換されて動力として出力される。

#### 【0067】

次いで、ECU30は、エンジンを停止する旨が設定されたか否かを確認し（ステップS120）、停止する旨が設定されていなければステップS100に戻って続く一連の処理を繰り返す。エンジンを停止する旨が設定された場合は、そのままエンジン運転制御ルーチンを終了する。このようにしてエンジン10は、ECU30の制御の下で、図3の制御ルーチンに従って運転され、操作者の設定に応じたトルクを出力する。

20

#### 【0068】

A-3. 燃焼制御の概要：

上述したエンジン運転制御ルーチンにおいて、燃料噴射制御、水素ガス噴射制御、点火制御などを行うことにより、燃焼室内で混合気を燃焼させる制御内容について説明する。前述したようにエンジン10は、現在の運転条件が、「極低負荷条件」、「低負荷条件」、「高負荷条件」、「極高負荷・高回転条件」のいずれに該当するかに応じて、制御内容が異なっている。以下では、それぞれの運転条件での制御内容について順番に説明する。

#### 【0069】

（1）極低負荷条件時：

図6は、極低負荷条件において、吸気バルブ132や、排気バルブ134、燃料噴射弁15、ナフタレン噴射弁19、水素噴射弁14、点火プラグ136の駆動タイミングを示した説明図である。図中でTDCとは、ピストン144が上死点の位置となるタイミングを示し、BDCとは、ピストン144が下死点の位置となるタイミングを示している。

30

#### 【0070】

図示されているように、極低負荷条件では、TDCの少し前のタイミングで吸気バルブ132を開いた後、ピストン144を降下させる。吸気バルブ132を開いたままピストン144を降下させれば、燃焼室内に空気が吸入される。空気の吸入量は、スロットル弁22の開度によって決定される。吸気の開始後、TDCを少し過ぎた辺りの所定のタイミングで燃料噴射弁15から燃焼室内にガソリンを噴射し、続いて水素噴射弁14から水素ガスを、そしてナフタレン噴射弁19から吸気通路12にナフタレンを噴射する。これらの噴射期間は、図中ではハッチングを付すことによって表示している。ガソリン、ナフタレン、および水素ガスの噴射量は噴射期間を変更することによって制御することができる。これらの噴射期間は、図3のステップS106で予め算出しておいた燃料噴射量および水素ガス噴射量に基づいて決定される。また、ナフタレン噴射弁19の噴射期間は、燃料噴射弁15に対して常に一定の比率に設定される。こうして燃焼室内に噴射されたガソリンおよび水素ガス、更に、吸気通路12に噴射されて空気とともに燃焼室内に流入したナフタレンは、ピストン144の動きにつれて燃焼室内で攪拌され、燃料（ガソリンおよびナフタレン）と水素ガスと空気とが均一に混ざり合った混合気を形成する。

40

50

## 【0071】

ピストン144がBDCを超えた辺りで吸気バルブ132を閉じてやる。ピストン144の動きは、BDCを境として降下から上昇に転じるので、BDC後に吸気バルブ132を閉じてやれば、ピストン144の上昇とともに燃焼室内の混合気が圧縮される。そして、ピストン144が再びTDCに達した付近で、点火プラグ136から火花を飛ばすことにより、燃焼室内で圧縮された混合気に点火してやる。図中では、点火のタイミングを星印で表示している。その結果、混合気は速やかに燃焼して燃焼室内の圧力が上昇し、ピストン144を押し下げようとする。こうしてピストン144は燃焼室側からの圧力を受けながら降下し、このとき受けた圧力を機械的仕事に変換して動力として出力する。

## 【0072】

その後、ピストン144がほぼ下がりきってBDCに達する辺りで、今度は排気バルブ134を開いてやる。すると、ピストン144が上昇するに伴って燃焼室内の排気ガスが排気バルブ134から排出される。こうして、ピストン144がほぼTDCに達するころには、燃焼室内の排気ガスがほぼ排出されるので、排気バルブ134を閉じ、代わりに吸気バルブ132を開いてやる。そして、再びピストン144を降下させ、空気の吸入を開始する。

## 【0073】

本実施例のエンジン10では、こうして極低負荷条件においては、燃料（ガソリンおよびナフタレン）とともに水素ガスを噴射することにより、水素ガスを含んだ混合気を燃焼室内に形成して燃焼させる。混合気に水素ガスを添加してやれば、以下に述べる理由から、エンジン10の燃料消費効率を改善すると同時に、大気汚染物質の排出量を減少させることができる。また、ナフタレンを添加している効果については後述する。

## 【0074】

一般に、混合気は、空気に対する燃料の割合が少な過ぎても、逆に多過ぎても燃焼せず、燃料と空気との混合比が所定の範囲内になれば着火しない性質がある。本明細書では、この様な範囲を着火範囲と呼ぶことにする。また、燃料と空気との混合比は、燃料に対する空気の重量比を取った空燃比と呼ばれる指標を用いて表すことが多い。水素ガスは、ガソリンなどの他の燃料に比べて着火範囲が広いという特長がある。従って、ガソリンでは着火しないような薄い混合気（空燃比の大きな混合気）であっても、混合気に少量の水素ガスを添加しておけば、先ず水素ガスが着火し、これが火種となってガソリンを燃焼させるので、最終的には混合気を燃焼させることができる。すなわち、ガソリンの混合気に少量の水素ガスを添加してやれば、ガソリン単独では着火しないような薄い混合気でも燃焼させることが可能となる。このため、燃料消費効率を改善すると同時に、大気汚染物質の排出量も減少させることが可能となるのである。

## 【0075】

## (2) 低負荷条件時：

次に、低負荷条件における燃焼制御について説明する。図7は、低負荷条件において、吸気バルブ132や、排気バルブ134、燃料噴射弁15、ナフタレン噴射弁19、点火プラグ136の駆動タイミングを示した説明図である。図に示されるように、低負荷条件時は、ピストン144がTDCを過ぎて少し降下したタイミングで吸気バルブ132を開いてやる。図6と比較すれば明らかなように、低負荷条件では極低負荷条件に比べて、吸気バルブ132を開くタイミングが遅くなっている。このように遅くする理由については後述する。低負荷条件時は、燃料としては、ピストン144がTDCを過ぎて吸気バルブ132が開く前の所定のタイミングで、先ず始めにガソリンのみを噴射する。その後、吸気バルブ132を開いた後の所定のタイミングでナフタレンを噴射する。こうすれば、ナフタレンは空気の流入に合わせて燃料室内に流入する。空気とともに流入したナフタレンは、予め噴射されていたガソリンとともに燃焼室内を旋回して均一な混合気を形成する。尚、図7では、ガソリンは吸気バルブ132を開く前に噴射するものとしたが、吸気バルブ132を開いた後に噴射することとしてもよい。この場合は、ガソリンはナフタレンとともに空気の流れにのって燃焼室内に流入し、燃焼室内を旋回しながら均一な混合気を形成

する。

#### 【0076】

ピストン144は、BDCを境として降下から上昇に転じるので、BDCを過ぎた辺りのタイミングで吸気バルブ132を開いてやる。こうすることで燃焼室内から混合気が逆流することを回避するとともに、混合気の圧縮を開始する。混合気はピストン144が上昇するとともに断熱圧縮されて混合気温度が上昇し、ピストン144がほぼTDCに達するタイミングで発火点に達する。その結果、燃焼室内の混合気がほぼ同時に自着火して予混合圧縮自着火燃焼が行われる。

#### 【0077】

ここで、混合気は適切なタイミングで自着火しなければならない、自着火のタイミングが早過ぎても遅すぎてもエンジン10を円滑に運転することができない。そこで、混合気を適切なタイミングで自着火させるため、吸入空気量および燃料噴射量は、予め適切な値に設定されている。これについて若干補足して説明すると、先ず、吸入空気量については多くなるほど混合気の温度が上昇し易くなるので、混合気着火し易くなる。また、空燃比には着火し易い最適値が存在しており、空燃比がこの最適値から離れるほど混合気は着火し難くなる。従って、吸入空気量と燃料噴射量とを適切な値に設定しておくことで、所望のタイミングで混合気を自着火させることができるのである。図5に概念的に示した低負荷条件時のマップには、このような適切な吸入空気量および燃料噴射量が設定されている。本実施例のエンジン10は、低負荷条件時にはこうして予混合圧縮自着火燃焼を行うことにより、燃料消費効率の改善と大気汚染物質の排出量の低減とを同時に実現している。予混合圧縮自着火燃焼を行うことで、こうしたことが可能となる理由については後述する。

#### 【0078】

TDC付近で混合気自着火すると燃焼室内圧力が上昇し、ピストン144を押し下げようとする。この力を受けながらピストン144は降下して、圧力を動力に変換する。ピストン144がBDCに達する辺りで、排気バルブ134を開いてやると、ピストン144の上昇に伴って燃焼室内から排気ガスが排出される。低負荷条件時は、図7に示されているように、ピストン144がTDCに達する前に排気バルブ134を閉じてやる。こうすることで、燃焼室内に排気ガスの一部を閉じ込めることができる。排気ガスは高温になっているので、ここに空気と燃料とを供給してやれば、混合気温度を高くすることができ、従って混合気を確実に自着火させることが可能となる。

#### 【0079】

また、こうして排気バルブ134を早めに閉じる結果、燃焼室内には排気ガスの一部が閉じ込められているので、TDC付近で吸気バルブ132を開くと、閉じ込められていた排気ガスが燃焼室内から逆流してしまう。この様なことを避けるためには、ピストン144が少し下がって燃焼室内の圧力が下がったタイミングで、吸気バルブ132を開いてやればよい。前述したように、低負荷条件時は極低負荷条件時に比べて、吸気バルブ132を開くタイミングが遅くなっているのは、燃焼室内から排気ガスが逆流することを避けるためである。また、図7に示すように、ガソリンを噴射するタイミングを吸気バルブ132が開く前に設定しておけば、高温の排気ガス中に噴射することになるので、ガソリンの気化が促進され、均一な混合気を形成することが可能となる。

#### 【0080】

図8は、低負荷条件において混合気を圧縮自着火させて燃焼させる様子を概念的に示した説明図である。図8(a)は、ピストン144の降下中にガソリンを噴射し、その後、吸気バルブ132を開いて空気を吸入している様子を概念的に示している。図中に示された細かいハッチングは、燃焼室内に噴射されたガソリンの噴霧を表しており、実線の矢印は、吸気バルブ132から流入する空気の流れを表している。吸気通路12内に噴射されたナフタレンは、空気とともに燃焼室に流入する。ガソリン噴霧は、こうして流入するナフタレンを含んだ空気とともに、燃焼室内で攪拌されて均一な混合気を形成する。

#### 【0081】

図8(b)は、ピストン144を上昇させて燃焼室内の混合気を圧縮している様子を概念

的に示している。このタイミングでは、燃料（ガソリンおよびナフタレン）は空気と完全に混合して均一な混合気を形成している。図中で燃焼室内全体にハッチングを付すことによって、このことを表現している。

#### 【0082】

図8(c)は、ピストン144がほぼTDCに達した辺りで、燃焼室内の混合気がほぼ同時に自着火している様子を概念的に示している。図中で燃焼室内に示された小さな星印は、混合気が自着火している様子を概念的に表したものである。このように、予混合圧縮自着火燃焼方式では燃焼室内で混合気がほぼ同時に自着火するので、大気汚染物質の排出量と燃料消費量とを同時に且つ大幅に改善することが可能となっている。以下、この理由について簡単に説明する。

#### 【0083】

予混合圧縮自着火燃焼させることで、こうしたことが可能となる理由は、「等容度の向上」と、「空気過剰率の増加」、および「比熱の増加」の3つの要因によるものと考えられる。まず、第1の要因である「等容度の向上」について説明する。内燃機関に関するサイクル論の教えるところによれば、ガソリンエンジンの効率は、ピストンが圧縮上死点のタイミングで、燃焼室内の全ての混合気が瞬間的に（すなわち無限小の時間で）燃焼した時に最高値が得られる。もっとも、実際には燃焼室内の混合気を瞬間的に燃焼させることはできないが、燃焼室内の混合気を短時間で燃焼させる程、エンジンの効率を向上させることができる。等容度とは、全ての混合気の燃焼を如何に短時間で完了させたかを示す指標と考えることができる。等容度が高くなるほど、エンジンの効率は高くなる。

#### 【0084】

予混合圧縮自着火燃焼方式では、混合気を圧縮して自着火させることにより、燃焼室内の混合気の燃焼をほぼ同時に開始することができる。その結果、全ての混合気の燃焼がほぼ同時に完了することになり、等容度を大きく向上させることができる。こうして等容度を向上させることができるので、エンジンの効率が改善されて、燃料消費量を大きく減少させることが可能となるのである。

#### 【0085】

次に、第2の要因である「空気過剰率の増加」について説明する。予混合圧縮自着火燃焼方式では薄い（空燃比の大きな）混合気を燃焼させるので、大気汚染物質の排出量を低減させることができる。すなわち、エンジンから排出される主な大気汚染物質は、窒素酸化物と、炭化水素、一酸化炭素の3つであるが、混合気の実燃比を大きくするほど、窒素酸化物の生成量を減少させることができる。これは、空燃比が大きくなったことで火炎温度が低下することによる効果である。また、炭化水素と一酸化炭素は、いずれも燃料に対して酸素が不足した状態で燃焼させることによって生じるものである。従って、混合気の実燃比を大きくして、燃料に対する空気量を多くしてやれば、原理的には炭化水素および一酸化炭素の排出量も減少させることができる。もっとも実際には、燃焼室内の潤滑油膜によって燃料が補足されたり、燃焼が完結しないといった現象が発生して、却って炭化水素などの排出量が増加する場合もある。しかし、この様な場合でも、混合気の実燃比が小さければ、炭化水素や一酸化炭素などは排気通路16に設けた触媒26で効率よく浄化することが可能であり、結局、これらの排出量についても大幅に減少させることができるのである。

#### 【0086】

最後に、予混合圧縮自着火燃焼方式が優れた特性を示す第3の要因である「比熱の増加」について説明する。この要因も、薄い混合気を燃焼させていることに密接に関係している。濃い混合気を燃焼させた場合、燃料に対して十分な酸素が存在しないために、燃料は二酸化炭素や水の状態まで酸化されずに、一酸化炭素あるいは水素の状態まで反応が止まってしまう。これに対して予混合圧縮自着火燃焼方式では、薄い混合気を燃焼させているので、燃料は二酸化炭素および水蒸気の状態まで酸化される。ここで、二酸化炭素や水蒸気は3つの原子が集まって形成された三原子分子であるのに対し、一酸化炭素や水素分子は2つの原子が集まって形成された二原子分子である。統計熱力学の教えるところによれば、

三原子分子は二原子分子よりも比熱の値が大きく、従って、三原子分子の方が温度が上昇し難いと言える。このことから、予混合圧縮自着火燃焼方式では、薄い混合気を燃焼させるので、三原子分子である二酸化炭素や水蒸気の割合が高い分だけ比熱が大きくなる。その結果、火炎温度が抑制されて、窒素酸化物の排出量を大きく減少させることができるのである。

#### 【0087】

##### (3) 高負荷条件時：

予混合圧縮自着火燃焼方式では、このように燃焼室内の混合気を圧縮して自着火させているので、エンジンの負荷が高くなると（大きなトルクを出力しようとする）強いノックが発生してしまう。すなわち、大きなトルクを出力するために、燃焼室内に吸入される燃料量と空気量とを増加させると、それに伴って吸入完了時の燃焼室内の圧力は高くなる。この状態で吸気バルブ132を閉じてピストンを上昇させると、混合気は高い圧力から圧縮されることになるので、混合気の圧力および温度は、エンジンの負荷が低い場合よりも速やかに上昇し、圧縮行程中に自着火して強いノックが発生するのである。そこで、高負荷条件時においてもノックを発生させることなく予混合圧縮自着火燃焼させるために、エンジン10は、高負荷条件では次のような制御を行う。

#### 【0088】

図9は、高負荷条件において、吸気バルブ132や、排気バルブ134、燃料噴射弁15、ナフタレン噴射弁19、水素噴射弁14、点火プラグ136を駆動するタイミングを示した説明図である。図7に示した低負荷条件時に対して、水素ガスを噴射している点が大きく異なっており、他はほぼ同様である。以下では、低負荷条件時との相違点を中心に説明する。

#### 【0089】

高負荷条件時も低負荷条件時と同様に、ピストン144がTDCを過ぎて少し降下したタイミングで吸気バルブ132を開いてやる。また、ガソリンはTDC後の吸気バルブ132を開く前の所定のタイミングで噴射し、ナフタレンは吸気バルブ132を開いた後に噴射する。こうして燃料（ガソリンおよびナフタレン）を噴射してピストン144を降下させると、燃焼室内にはこれら燃料の均一な混合気形成される。尚、ガソリンの噴射時期は、高負荷条件時においても、吸気バルブ132を開いた後に設定しても良い。

#### 【0090】

ここで、前述したように高負荷条件時は混合気が自着火し易いので、圧縮中に混合気が自着火してしまうことを避けるために、低負荷条件時よりも混合気の空燃比が大きな値となるように設定されている。また、本実施例ではガソリンとともにナフタレンが添加されており、このことも圧縮中に混合気が自着火することを抑制する方向に作用する。すなわち、ナフタレンはガソリンに比べて安定でオクタン価が高いので、ガソリン中にナフタレンを添加してやれば混合気のノックを抑制することができる。

#### 【0091】

ピストン144がBDCを過ぎた辺りのタイミングで吸気バルブ132を閉じてピストン144を上昇させると、燃焼室内で混合気が圧縮される。圧縮とともに混合気の温度は上昇していくが、空燃比が大きな値に設定されているので、単にピストン144で圧縮しただけでは自着火に至ることはない。ナフタレンが添加されていることも自着火を抑制する方向に作用する。そして、TDC前の所定のタイミングで、水素噴射弁14から燃焼室内に少量の水素ガスを噴射する。水素ガスは、燃焼室内に既に形成されている混合気と混合しつつ、点火プラグ136の周辺に混合気を形成する。この混合気は、水素ガスが添加されている分だけ、燃焼室内の残余の領域を占める混合気よりは空燃比が小さくなっている。次いで、TDC近傍の所定のタイミングで点火プラグ136から火花を飛ばすことによって、水素ガスを含んだ混合気に点火してやる。すると、この混合気は速やかに燃焼して、その周辺にあるガソリンおよびナフタレンの混合気を圧縮する。

#### 【0092】

図10はこの様子を概念的に示している。図中に示した大きな円は、燃焼室を概念的に表

10

20

30

40

50



したものであり、燃焼室内に付された粗いハッチングはガソリンとナフタレンと空気との混合気が形成されている領域を表し、細かいハッチングは水素ガスを含んだ混合気が形成されている領域を表している。水素ガスを含んだ混合気は、水素ガスが添加されている分だけ濃い混合気となっているので、点火プラグ 136 で点火してやると速やかに燃焼し、図中に黒い矢印で示すように周囲の混合気を圧縮する。ガソリンの混合気は、ピストンで圧縮されただけでは自着火することはないが、こうして混合気の燃焼により更に圧縮されることで、ついに発火点を越えて自着火に至る。また、水素ガスを含んだ混合気が燃えると、燃焼室全体の圧力を上昇させることから明らかなように、図 10 で粗いハッチングを付した領域の混合気は一様に圧縮され、混合気がほぼ同時に自着火することになる。

#### 【0093】

図 9 中の T D C 近傍に示した星印は点火プラグ 136 から火花を飛ばすタイミングを示している。点火後は、図 10 を用いて説明したように、水素ガスを含んだ混合気が速やかに燃焼して周囲のガソリン混合気を圧縮し、これにより自着火に至らしめる。すなわち、こうすれば点火プラグ 136 から火花を飛ばすタイミングで、燃焼室内の混合気を自着火させるタイミングをコントロールすることが可能となる。

#### 【0094】

こうして混合気を燃焼させると燃焼室内圧力が上昇して、ピストン 144 を押し下げようとする。ピストン 144 は、この圧力を動力に変換して出力する。ピストン 144 が B D C に達する辺りで、排気バルブ 134 を開いてやると、ピストン 144 の上昇に伴って燃焼室内から排気ガスが排出される。高負荷条件時においても低負荷条件時と同様に、排気バルブ 134 は、ピストン 144 が T D C に達する前に閉じてやることで、排気ガスの一部を燃焼室内に閉じ込めて、混合気の自着火を容易にしている。

#### 【0095】

図 11 は、高負荷条件において混合気を圧縮自着火させて燃焼させる様子を概念的に示した説明図である。図 11 (a) は、ピストン 144 の降下中にガソリンを噴射し、その後、吸気バルブ 132 を開いて空気を吸入している様子を概念的に示している。低負荷条件時と同様に、空気とともにナフタレンも燃焼室内に流入する。低負荷条件時の様子を表した図 8 と同様に図 11 においても、図中に示された細かいハッチングおよび実線の矢印は、それぞれ燃料噴射弁 15 から噴射されたガソリン噴霧および、吸気バルブ 132 から流入する空気の流れを表している。

#### 【0096】

図 11 (b) は、ピストン 144 が T D C に達する前の所定のタイミングで、水素噴射弁 14 から燃焼室内に水素ガスを噴射している様子を概念的に表している。本実施例では、ピストン 144 の頂面に向かって水素ガスを噴射する。ピストンの頂面には、図 2 を用いて前述したように、点火プラグ 136 に対向する位置に凹部 143 が設けられているので、水素噴射弁 14 から噴射された水素ガスは、この凹部 143 に導かれるようにして点火プラグ 136 の近傍に混合気を形成する。このため、ピストン 144 が T D C に達する辺りの所定のタイミングで点火プラグ 136 から火花を飛ばしてやれば、水素ガスを含んだ混合気に確実に点火してやることができる。

#### 【0097】

図 11 (c) は、ピストン 144 がほぼ T D C に達した辺りで点火プラグ 136 から火花を飛ばすことにより、水素ガスを含んだ混合気に点火している様子を概念的に示している。図 10 を用いて前述したように、こうして水素ガスを含んだ混合気に点火してやれば、その周辺にあるガソリンおよびナフタレンの混合気を圧縮して、ほぼ一斉に自着火させることができる。図 11 (c) において、燃焼室内に示した複数の小さな星印は、ガソリンおよびナフタレンの混合気が一斉に自着火している様子を概念的に表したものである。

#### 【0098】

このように本実施例のエンジン 10 は、高負荷条件時には、ピストンによる圧縮だけでは自着火しない薄い混合気を燃焼室内に形成し、圧縮行程の後半の所定のタイミングで噴射した燃料に点火して、これによる圧力上昇を利用することにより、燃焼室内に形成してお

10

20

30

40

50

いた薄い混合気を自着火させている。こうすれば、点火プラグ 1 3 6 から火花を飛ばすタイミングによって、燃焼室内の混合気が自着火するタイミングを制御することができるので、高負荷条件においてもノックを発生させることなく予混合圧縮自着火燃焼を実現することが可能となる。

#### 【0099】

もちろん、点火プラグ 1 3 6 で点火する燃料は、ガソリンを用いることも可能であるが、本実施例では水素ガスを用いることで、次のような種々のメリットを得ることができる。

#### 【0100】

10 先ず、水素ガスはガソリンに比べてオクタン価が高い（自着火し難い）ので、圧縮上死点付近の高温になった混合気中に噴射しても、簡単には自着火することがない。従って、水素ガスの混合気が燃焼を開始するタイミングは、常に点火プラグ 1 3 6 で点火したタイミングとすることができ、その結果、ガソリンの混合気が圧縮自着火するタイミングを確実に制御することが可能である。

#### 【0101】

20 また前述したように、点火プラグ 1 3 6 で点火するためには、混合気の空燃比が所定の着火範囲にある必要がある。従って、通常は、火花を飛ばせば何時でも混合気が着火するわけではない。例えば、燃料を噴射した直後は、燃料噴霧が未だ周辺の空気と混合していないので空燃比が小さ過ぎてしまい、火花を飛ばしても混合気に点火することができない。かといって、噴射後あまりに長い時間が経過した後では、燃料噴霧が空気中に拡散してしまい空燃比が大きくなり過ぎてしまうので、やはり点火することができない。このため、噴射した燃料噴霧が周囲に拡散しながら燃焼室内を進行して、ちょうど点火プラグ 1 3 6 の近傍に到達するタイミングで空燃比が着火範囲に入るように、燃料を噴射してやる必要がある。これに対して水素ガスは、ガソリンなどに比べて着火範囲がたいへんに広いので、噴射した水素ガスが周囲に拡散する速度と燃焼室内を進行する速度との関係が多少ずれてしまった場合でも、確実に点火することができる。その結果、ガソリンの混合気を所望のタイミングで確実に自着火させることが可能になる。

#### 【0102】

30 更に、水素ガスの混合気は、ガソリンの混合気に比べて着火遅れ時間が短いという特長も備えている。着火遅れ時間とは、混合気に点火する際に現れる次のような特性を言う。通常、火花を飛ばして混合気に点火する場合、次のような過程を踏む。先ず、混合気中に火花を飛ばすことにより、火炎核と呼ばれる火種が形成される。火炎核の内部には、活性の高い中間生成物が生成されており、この中間生成物が燃料の分子と反応して新たな中間生成物を生成する反応が進行する。こうして、火炎核の内部である程度の中間生成物が蓄積されると、発熱反応が開始され火炎が発生して周囲の混合気に燃え広がっていく。このように混合気に点火する場合、火花を飛ばしてから火炎が周囲に広がり始めるまでの間には時間の遅れが存在しており、この遅れ時間は着火遅れ時間と呼ばれる。着火遅れ時間は、中間生成物の蓄積のし易さに関係することからも明らかなように、燃料の種類によって異なっている。また、同じ燃料の混合気であっても、僅かな条件の違いによって、着火遅れ時間にはばらつきが発生する。

#### 【0103】

40 水素ガスは、ガソリンに比べて着火遅れ時間がたいへんに短く、火花を飛ばすと直ちに火炎が周囲に広がっていく。この様に着火遅れ時間が短いので、多少のばらつきが存在していても、点火プラグ 1 3 6 で火花を飛ばしてから火炎が広がり始めるタイミングのばらつきは極めて僅かである。このため、点火プラグで火花を飛ばして点火する混合気を水素ガスを含む混合気とすることで、ガソリンの混合気を自着火させるタイミングを正確に制御することが可能となる。

#### 【0104】

（４）極高負荷・高回転条件時：

最後に、極高負荷条件時あるいは高回転条件時における燃焼制御の内容について説明する。図 1 2 は、極高負荷・高回転条件において、吸気バルブ 1 3 2 や、排気バルブ 1 3 4、

50

燃料噴射弁 15、ナフタレン噴射弁 19、点火プラグ 136 の駆動タイミングを示した説明図である。極高負荷・高回転条件時は、前述した極低負荷条件時とよく似ているが、極高負荷・高回転条件時には水素ガスを噴射していない部分が大きく異なっている。以下では、この相違点を中心として簡単に説明する。

#### 【0105】

極高負荷・高回転条件時においては、極低負荷条件と同様に、吸気バルブ 132 は TDC の少し前のタイミングで開いてピストン 144 を降下させることにより、燃焼室内に空気を吸入する。また、空気の吸入に合わせて燃料噴射弁 15 からガソリンを噴射することによって、燃焼室内にガソリンの混合気を形成する。更に、吸気バルブ 132 を開いた後の所定のタイミングで、ナフタレン噴射弁 19 からナフタレンを噴射することによってナフ  
10  
タレンを添加してやる。次いで、ピストン 144 が BDC に達した辺りの所定のタイミングで吸気バルブ 132 を閉じ、燃焼室内に形成した混合気を圧縮する。そして TDC 近傍の所定のタイミングで点火プラグ 136 から火花を飛ばして混合気を燃焼させる。

#### 【0106】

燃焼による圧力を受けながらピストン 144 を降下させることによって、動力を出力する。ピストン 144 がほぼ下がりきった辺りで排気バルブ 134 を開いてやると、ピストン 144 の上昇とともに燃焼室内の排気ガスが排出される。こうしてピストン 144 が上死  
点に達したら、排気バルブ 134 を閉じ、再び吸気バルブ 132 を開いて吸入行程に戻る。

#### 【0107】

本実施例のエンジン 10 では、図 4 に示したマップに従って制御方式を切り替えている。そして、以上に説明したように、低負荷条件、高負荷条件では予混合圧縮自着火燃焼させることで、燃料消費効率の向上と大気汚染物質の排出量低減とを同時に実現している。また、予混合圧縮自着火燃焼が困難な極低負荷条件では、混合気に火花を飛ばして点火する火花点火燃焼を行う。このとき本実施例のエンジン 10 では、混合気に水素ガスを添加することで極薄い混合気の燃焼を可能とし、これにより、極低負荷条件においても、燃料消費効率の向上と大気汚染物質の排出量低減とを実現している。また、極高負荷・高回転条件では通常の火花点火燃焼を行っているので、十分に大きな動力を出力することが可能となっている。

#### 【0108】

もちろん、極低負荷条件あるいは高負荷条件で使用する水素ガスは何らかの方法でエンジンに供給してやる必要がある。こうした水素ガスを高圧タンクに充填しておいて高圧タンクから供給したのでは、タンクの搭載スペースや安全上の問題、更に水素ガスの補充など、種々の点で改良の余地が必要となる。しかし本実施例では、図 1 を用いて説明したように、水素ガス発生装置 200 を用いて、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させる。このため、搭載スペースや安全上の問題、原料の補充といった点が改良され、実用性の高いエンジンシステムを構成することが可能である。以下では、この理由について説明する。

#### 【0109】

先ず、本実施例の水素ガス発生装置 200 は、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させている。こうすれば、僅かな体積の有機ハイドレートから多量の水素ガスを発生させることができるので、装置全体を小型化することができる。例えば、有機ハイドレートとしてデカリンを用いた場合、1 mol のデカリンから 5 mol の水素が発生する。しかも、水素ガスが気体であるのに対してデカリンは液体であることから、ごく少量のデカリンからきわめて多量の水素ガスを発生させることができる。このため、本実施例の水素ガス発生装置 200 は、水素ガスを高圧タンクに充填するといった方法に比べて装置を小型化することができ、搭載のために大きなスペースを必要としない。

#### 【0110】

また、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させることとすれば、水素ガスを高圧タンクに充填する場合に比べて遙かに安全なシステムとすることができる。すなわち、高  
50

圧タンクに水素ガスを充填した場合は、水素ガスが漏れ出す危険が付きまとう。例えば、エンジンの振動などの影響で配管の接続部分に緩みが発生すると、そこからガス漏れが生じる。特に水素ガスは分子が小さく、僅かに緩んだだけでもガス漏れに結びつくおそれがある。前述したように、水素ガスは着火範囲が広いので、こうしたガス漏れが生じると危険である。

#### 【0111】

これに対して、本実施例のように有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させる場合、高圧タンクのように高圧となる部分は存在しない。しかも、有機ハイドレートは水素ガスに比べて遙かに分子が大きく、配管の接続部分などが僅かに緩んだとしても、このことが直ちに漏れに繋がるわけではない。その上、例えば有機ハイドレートが漏れてしまった場合でも、直ちに水素ガスが発生するわけではない。例えば、デカリンの場合は、250℃以上の高温下でなければ水素ガスは発生しない。更に、例えば何らかの熱面で加熱されたとしても、触媒が存在しなければ急激に水素ガスを発生させることはない。このように、本実施例では、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させているので、高圧タンクに水素ガスを充填する場合に比べて、安全性が大きく改良されている。

#### 【0112】

また、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させる方法では、原料の補充が容易であるという利点もある。すなわち、有機ハイドレートは液体であるため、ガソリン用の社会的施設（いわゆるインフラ）を、そのまま流用することができる。例えば、ガソリンスタンドには、通常いくつかのガソリンタンクが設けられているが、その内の1つのタンクに有機ハイドレートを入れておけば、ガソリンスタンドで有機ハイドレートを補充することが可能となる。

#### 【0113】

もちろん、有機ハイドレートを分解して水素ガスを発生させた場合、水素ガスの他に副生成物が生じるので、この副生成物の処理が必要となる。しかし、上述したように、水素ガスは、極低負荷条件時および高負荷条件時に添加するだけなので、副生成物の発生量はそれほど多くはない。すなわち、極低負荷条件時は、燃料消費量そのものが少ないので、極少量の水素ガスを添加するだけでよく、また、高負荷条件時は火種として水素ガスを添加するだけなので、これも僅かな分量の水素ガスを添加すればよい。このように、本実施例では水素ガスの添加量は決して多くはないので、ナフタレンなどの副生成物の発生量も僅かである。

#### 【0114】

また、水素ガスを発生させる際に生じる副生成物は炭化水素なので、ガソリンに添加して燃焼させることで、これを処理することが可能である。例えば、有機ハイドレートとしてデカリンを用いた場合は、副生成物としてナフタレンが発生するが、ナフタレンはガソリンとともに燃焼させることができる。加えて、ナフタレンなど、有機ハイドレートの副生成物は、通常はガソリンよりもオクタン価が高いので、ガソリンとともに燃焼させればノックが抑制され、これによってエンジン性能を改善することもできる。更に、予混合圧縮自着火燃焼させる場合、前述したように負荷が高くなるほどノックし易くなるが、ガソリンにナフタレンなどの副生成物を添加しておけば、ノックを抑制することが可能となる。

#### 【0115】

#### A-4. 変形例：

上述した第1実施例には各種の変形例が存在する。以下では、これら変形例について簡単に説明する。

#### 【0116】

##### (1) 第1の変形例：

上述した第1実施例では、ナフタレン噴射弁19は吸気通路12に設けられているものとして説明した。これに対して、図13に示すように、ナフタレン噴射弁19から、燃焼室内にナフタレンを直接噴射することとしてもよい。ナフタレンは温度が下がると固化する性質があり、固化を避けるためにナフタレンヒータ218を用いてナフタレンを暖めてい

10

20

30

40

50

る(図1参照)。しかし、ナフタレンを燃焼室に直接噴射してやれば、吸気通路12内でナフタレンが冷やされて固化してしまつて吸気バルブ132の上流に堆積するおそれがないという利点がある。

【0117】

もっとも、ナフタレンを吸気通路12内に噴射する場合には、燃焼室内に噴射する場合に比べて低い圧力で噴射することができるので、噴射系を簡素な構成とすることができるという利点を得られる。

【0118】

(2) 第2の変形例：

上述した各種実施例では、吸気通路12あるいは燃焼室にナフタレン噴射弁19からナフタレンを噴射して燃焼させることによってナフタレンを処理するものとして説明した。しかし、ナフタレンをガソリンに溶かしておくこととしてもよい。例えば図14に示すように、ガソリンを蓄えておくガソリントank 220に、所定分量ずつナフタレンを供給することとしてもよい。ナフタレンはガソリンに溶けるので、このガソリンを燃料ポンプ222で燃料噴射弁15に圧送してやれば、通常のガソリンを噴射する場合と同様に噴射することができるので、ナフタレンを簡便に処理することができる。

【0119】

あるいは、ガソリントank 220に直接ナフタレンを供給して溶かすのではなく、ナフタレンを溶かすためのタンクを別途設けることとしてもよい。図15は、こうしたナフタレンを溶かすためのタンクを有する構成を例示する説明図である。ガソリントank 220内のガソリンは、ポンプ224で汲み上げられて、混合用タンク226に供給され、ナフタレンは、この混合用タンク226に供給されてガソリンに溶かされる。燃料ポンプ222は、ナフタレンが溶けたガソリンを燃料噴射弁15に圧送する。燃料ポンプ222から燃料噴射弁15にガソリンが圧送されると、その分のガソリンがガソリントank 220から汲み上げられて補充される。また、こうして補充されるガソリンに対応する分量だけ、ナフタレンが混合用タンク226に供給される。

【0120】

こうすれば、ガソリンを補充するなどしてガソリントank 220内のガソリン量が大きく変動した場合でも、混合用タンク226のガソリン量は一定に保たれているので、ガソリンに溶解しているナフタレンの濃度を一定に保つことができ、この結果、混合気の燃焼状態を安定させることが可能である。

【0121】

B. 第2実施例：

上述した第1実施例では、点火プラグ136から火花を飛ばすことによって、水素ガスを含んだ混合気に点火している。しかし、水素ガスは熱面着火し易いという性質があるので、この性質を利用し、次のようにして混合気を燃焼させることもできる。

【0122】

図16は、第2実施例としてのエンジン本体100の構造を示す断面図である。前述した第1実施例に対して、点火プラグ136の代わりにグロープラグ138が設けられている点が大きく異なっている。グロープラグ138は、一種のセラミックヒータであつて、電力を供給することにより、セラミックで形成された先端部分の表面を高温に加熱することができる。

【0123】

第1実施例では、図11を用いて前述したように、ピストン頂面に形成した凹部143に向けて水素ガスを噴射し、噴射した水素ガスが点火プラグ136の近傍に到達する頃を見計らつて火花を飛ばして点火した。これに対して、第2実施例では、あらかじめグロープラグ138を加熱しておき、そして、図16に示すように水素噴射弁14からグロープラグ138に向かって水素ガスを直接噴射する。水素ガスは熱面着火し易く、しかも前述したように着火範囲が広いので、グロープラグ138の先端の加熱表面に接触させることで容易に着火させることができる。

10

20

30

40

50

## 【0124】

第1実施例では水素ガスを噴射したタイミングに合わせて適切なタイミングで点火プラグから火花を飛ばす必要があったのに対し、第2実施例では、噴射した水素ガスがグロープラグ138の先端に接触すれば着火するので、確実に着火させることができ、延いては混合気を確実に燃焼させることが可能となる。

## 【0125】

あるいは、グロープラグ138に代えて、ピストンの頂面に蓄熱部材を埋め込んでおき、この蓄熱部材の表面を加熱表面として用いることにより、水素ガスを熱面着火させることとしてもよい。図17は、こうした変形例のエンジン本体100の構造を示す断面図である。

10

## 【0126】

変形例においては、ピストン頂面の一部が蓄熱部材150によって形成されている。本変形例においては、この蓄熱部材150は、ピストン144に鑄ぐるまれたチタン合金で形成されている。こうした変形例のエンジン10においては、高負荷条件時に点火プラグ136で火花を飛ばす代わりに、水素噴射弁14からピストン頂面の蓄熱部材150に向かって水素ガスを噴射してやる。蓄熱部材150は、燃焼室内で燃焼する混合気に晒されるので、燃焼熱を蓄えて高温になっている。従って、この蓄熱部材150に向かって水素ガスを噴射してやれば、水素ガスが熱面着火して、燃焼室内の混合気を圧縮自着火させることができる。

## 【0127】

20

こうした変形例のエンジン10においても、水素ガスを蓄熱部材150に向けて噴射してやれば、いつでも確実に水素ガスを着火させることができるので、ガソリンおよびナフタレンの混合気を確実に圧縮自着火させることが可能となる。

## 【0128】

以上、各種の実施例について説明してきたが、本発明は上記すべての実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】予混合圧縮自着火燃焼方式を適用したエンジンの構造を概念的に示した説明図である。

【図2】第1実施例においてエンジン本体の燃焼室の構造を概念的に示す説明図である。

30

【図3】エンジン運転制御ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図4】エンジン回転速度と目標出力トルクとの組合せに応じて、エンジンの適切な制御方法が設定されている様子を概念的に示した説明図である。

【図5】各種の運転条件に応じて、それぞれのマップが記憶されている様子を概念的に示した説明図である。

【図6】極低負荷条件において、各種燃料の噴射タイミング、バルブタイミング、および点火タイミングを示した説明図である。

【図7】低負荷条件において、各種燃料の噴射タイミング、およびバルブタイミングを示した説明図である。

【図8】低負荷条件において混合気を圧縮自着火させて燃焼させる様子を概念的に示した説明図である。

40

【図9】高負荷条件において、各種燃料の噴射タイミング、バルブタイミング、および点火タイミングを示した説明図である。

【図10】水素ガスを含む混合気が燃焼して周囲の混合気を圧縮している様子を概念的に示した説明図である。

【図11】高負荷条件において混合気を圧縮自着火させて燃焼させる様子を概念的に示した説明図である。

【図12】極高負荷・高回転条件において、各種燃料の噴射タイミング、バルブタイミング、および点火タイミングを示した説明図である。

【図13】第1実施例の第1の変形例におけるエンジン本体の構造を概念的に示した断面

50

図である。

【図 1 4】第 1 実施例の第 2 の変形例において、ナフタレンをガソリンタンクに添加するための構造を概念的に示した説明図である。

【図 1 5】第 1 実施例の第 2 の変形例において、混合用タンクを用いてナフタレンをガソリンに混合するための構造を概念的に示した説明図である。

【図 1 6】第 2 実施例におけるエンジン本体の燃焼室の構造を概念的に示す説明図である。

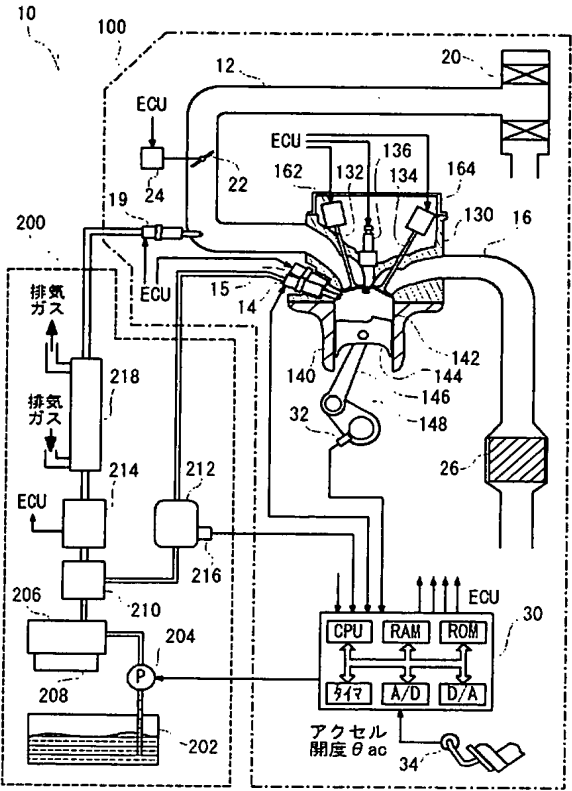
【図 1 7】第 2 実施例の変形例におけるエンジン本体の燃焼室の構造を概念的に示す説明図である。

【符号の説明】

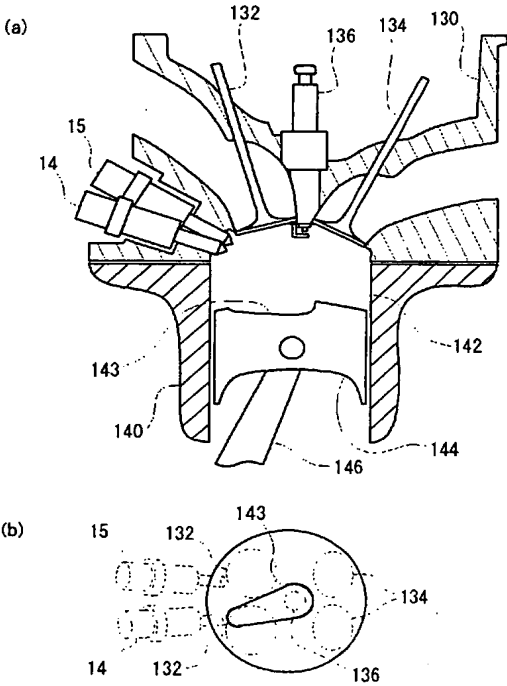
1 0 …エンジン	10
1 2 …吸気通路	
1 4 …水素噴射弁	
1 5 …燃料噴射弁	
1 6 …排気通路	
1 9 …ナフタレン噴射弁	
2 0 …エアクリーナ	
2 2 …スロットル弁	
2 4 …電動アクチュエータ	
2 6 …触媒	20
3 0 …E C U	
3 2 …クランク角センサ	
3 4 …アクセル開度センサ	
1 0 0 …エンジン本体	
1 3 0 …シリンダヘッド	
1 3 2 …吸気バルブ	
1 3 4 …排気バルブ	
1 3 6 …点火プラグ	
1 3 8 …グロープラグ	
1 4 0 …シリンダブロック	30
1 4 2 …シリンダ	
1 4 3 …凹部	
1 4 4 …ピストン	
1 4 6 …コネクティングロッド	
1 4 8 …クランクシャフト	
1 5 0 …蓄熱部材	
1 6 2, 1 6 4 …電動アクチュエータ	
2 0 0 …水素ガス発生装置	
2 0 2 …原料タンク	
2 0 4 …原料ポンプ	40
2 0 6 …脱水素反応器	
2 0 8 …触媒ヒータ	
2 1 0 …水素分離容器	
2 1 2 …水素タンク	
2 1 4 …ナフタレンタンク	
2 1 6 …圧力センサ	
2 1 8 …ナフタレンヒータ	
2 2 0 …ガソリンタンク	
2 2 2 …燃料ポンプ	
2 2 4 …ポンプ	50

2 2 6 … 混合用タンク

【図 1】

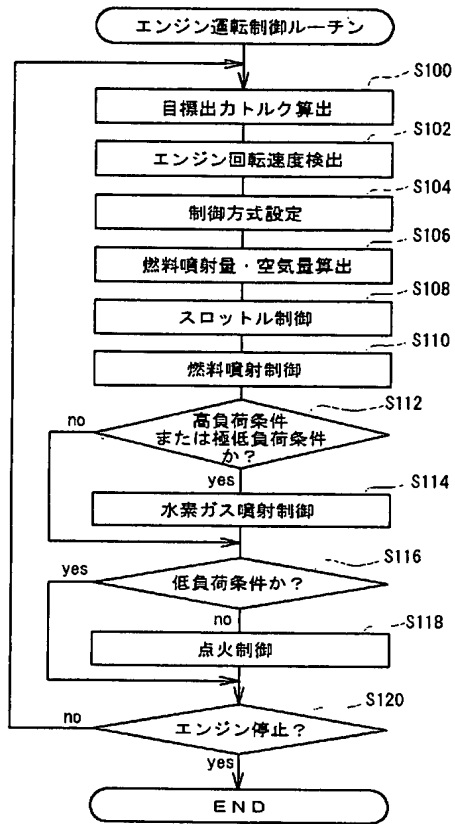


【図 2】

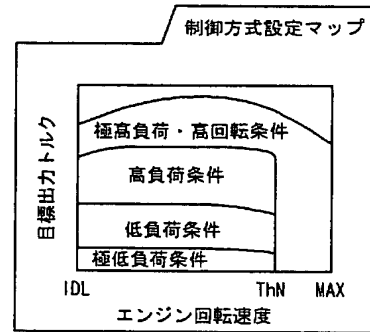




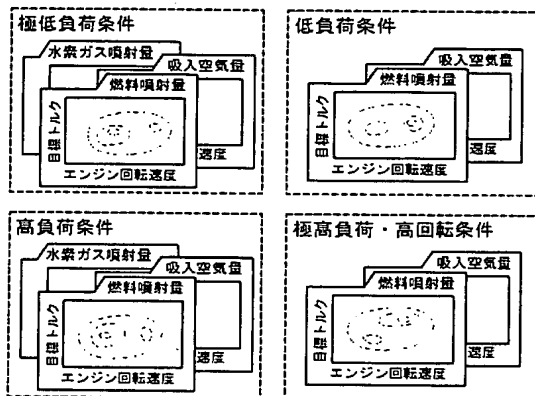
【図 3】



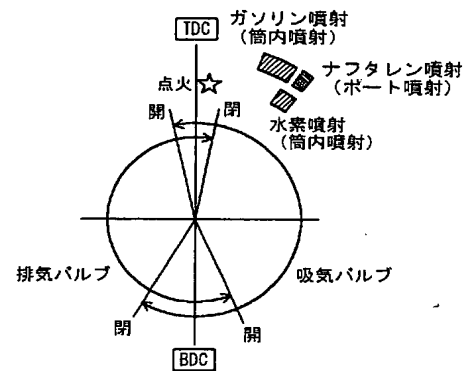
【図 4】



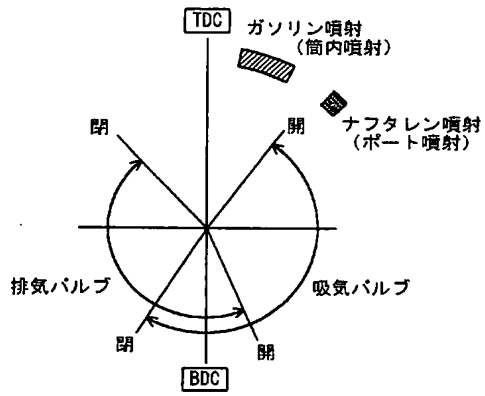
【図 5】



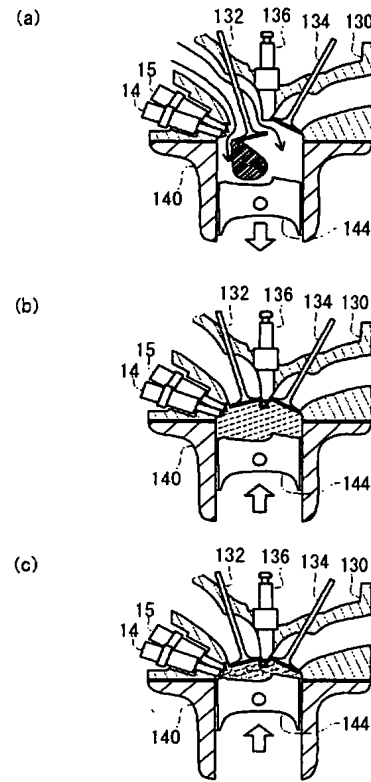
【図 6】



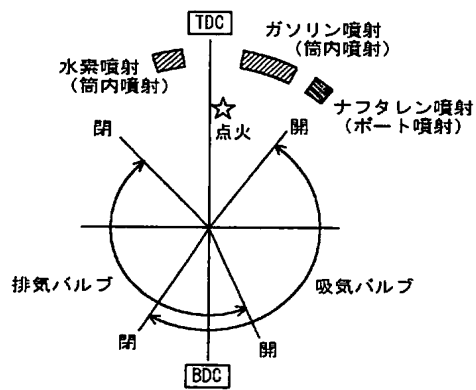
【図 7】



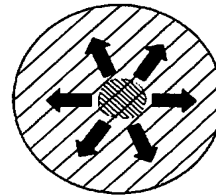
【図 8】



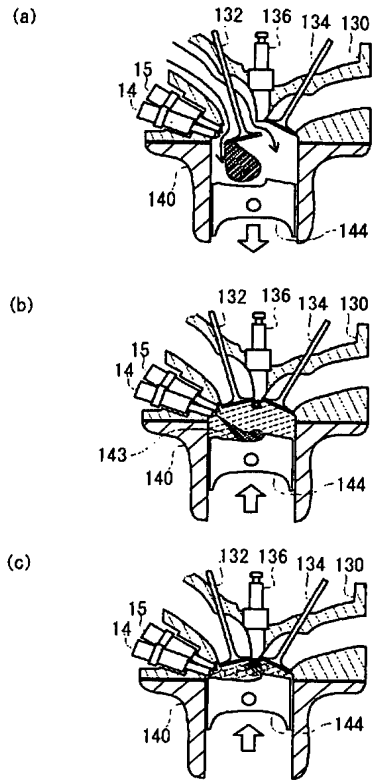
【図 9】



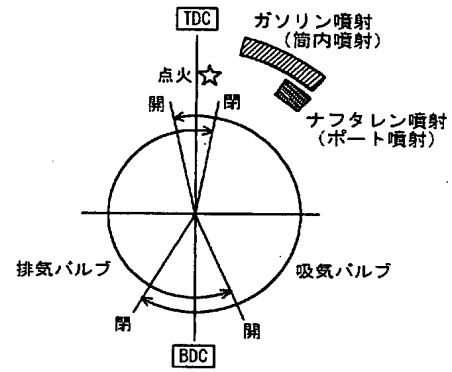
【図 10】



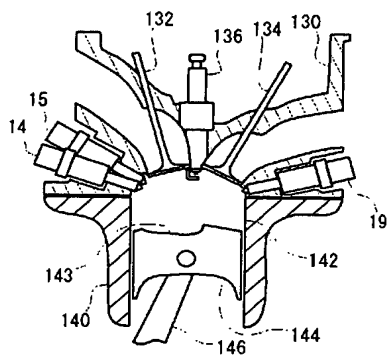
【図 1 1】



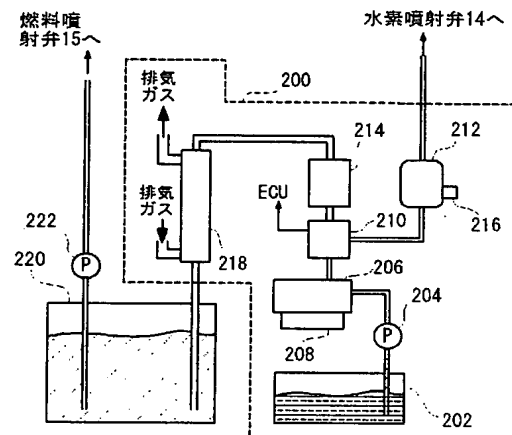
【図 1 2】



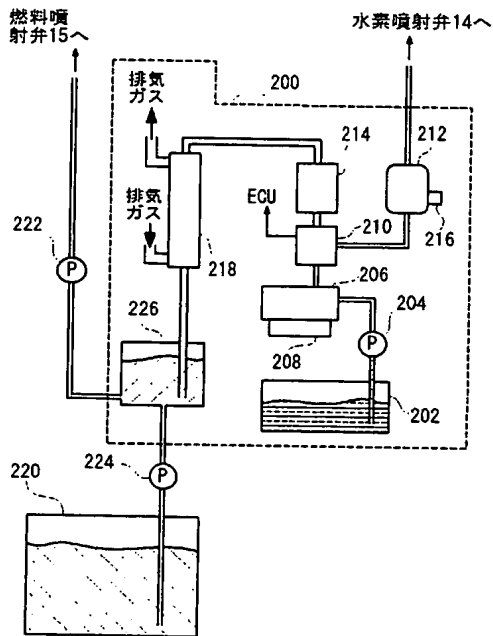
【図 1 3】



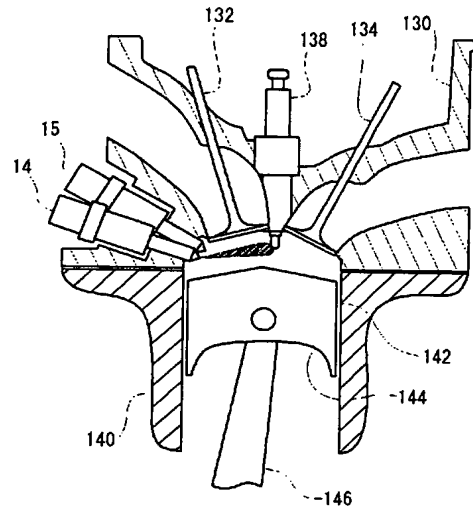
【図 1 4】



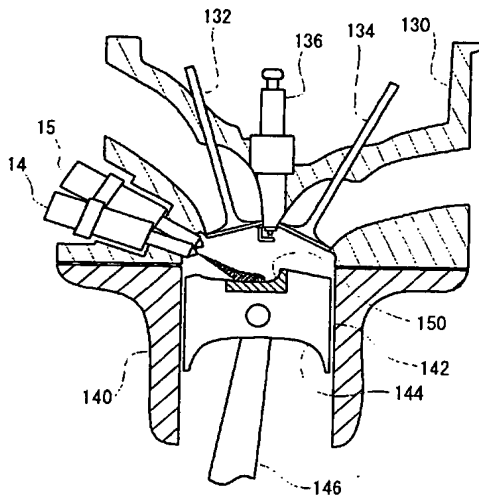
【図 15】



【図 16】



【図 17】



## フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

F O 2 D 45/00	F O 2 D 45/00	3 1 2 N
F O 2 F 3/00	F O 2 D 45/00	3 6 4 A
F O 2 M 21/02	F O 2 F 3/00	3 0 1 B
F O 2 M 25/00	F O 2 F 3/00	3 0 2 Z
F O 2 P 19/02	F O 2 M 21/02	N
	F O 2 M 21/02	3 0 1 R
	F O 2 M 25/00	H
	F O 2 M 25/00	N
	F O 2 M 25/00	R
	F O 2 M 25/00	S
	F O 2 P 19/02	3 0 2 Z

(72)発明者 林 高弘

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 杉山 雅彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 鈴木 寛

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G023 AA06 AB05 AB07 AB09 AC05 AC07 AD02 AD09 AD12 AE01  
 AE07 AG05  
 3G084 AA01 BA13 BA16 CA03 CA04 CA09 DA38 EA11 EB08 FA10  
 FA32 FA33 FA38  
 3G092 AA02 AB02 AB06 AB12 AB15 BB01 EA08 EA11 EC10 FA16  
 GA03 GA05 GA06 GA18 HE01Z HE03Z HE06Z HF08Z  
 3G301 HA00 HA02 HA22 HA24 JA22 KA06 KA08 KA09 KA25 LA03  
 MA11 NA08 NC04 PE01Z PE03Z PE06Z PF03Z